1975

HERMANN SCHROEDEL VERLAG KG

Hannover · Dortmund · Darmstadt · Berlin

Gesamtherstellung: Druckerei Hans Oeding, Braunschweig

Printed in Germany

H 6661 F

Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft

Erste deutschsprachige Zeitschrift für Kybernetische Pädagogik und Bildungstechnologie

Informations- und Zeichentheorie
Sprachkybernetik und Texttheorie
Informationspsychologie
Informationsästhetik
Modelltheorie
Organisationskybernetik
Kybernetikgeschichte
und Philosophie der Kybernetik

Begründet 1960 durch Max Bense
Gerhard Eichhorn
und Helmar Frank

Band 16 · Heft 2
Juni 1975
Kurztitel: GrKG 16/2

INHALT

HERMANN SCHROEDEL VERLAG KG

Im Verlaufe der sechziger Jahre gewann im deutschen Sprachraum, insbesondere im Umkreis der „Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft", die Erkenntnis an Boden, daß die eigentliche Triebfeder der Kybernetik das Bedürfnis ist, die Vollbringung auch *geistiger* Arbeit an technische Objekte zu delegieren, kurz: sie zu *objektivieren*, und daß dies nicht ohne eine über die geisteswissenschaftlich-phänomenologische Reflexion hinausgehende wissenschaftliche Anstrengung in vorhersehbarer und reproduzierbarer Weise möglich ist, nämlich nicht ohne eine *Kalkülisierung* geistiger Arbeit. Die Bedeutung der Logistik, der Informationstheorie und der Theorie abstrakter Automaten als mathematische Werkzeuge wird von diesem Gesichtspunkt aus ebenso einsichtig wie der breite Raum, den die Bemühungen um eine Kalkülisierung im Bereich der *Psychologie* und im Bereich der Sprache bzw., allgemeiner, der *Zeichen*, einnahmen.

Die geistige Arbeit, deren Objektivierbarkeit allmählich zum Leitmotiv dieser Zeitschrift wurde, ist nicht jene geistige Arbeit, die sich selbst schon in bewußten Kalkülen vollzieht und deren Objektivierung zu den Anliegen jenes Zweiges der Kybernetik gehört, die heute als Rechnerkunde oder Informatik bezeichnet wird. Vielmehr geht es in dieser Zeitschrift vorrangig darum, die verborgenen Algorithmen hinter jenen geistigen Arbeitsvollzügen aufzudecken oder wenigstens durch eine Folge einfacherer Algorithmen anzunähern und damit immer besser objektivierbar zu machen, welche zur Thematik der bisherigen Geisteswissenschaften gehören. Der größte Bedarf an Objektivation in diesem Bereiche ist inzwischen bei der geistigen Arbeit des *Lehrens* aufgetreten. Mit der Lehrobjektivation stellt diese Zeitschrift ein Problem in den Mittelpunkt, dessen immer bessere Lösung nicht ohne Fortschritte auch bei der Objektivierung im Bereich der Sprachverarbeitung, des Wahrnehmens, Lernens und Problemlösens, der Erzeugung ästhetischer Information und des Organisierens möglich ist. Die Bildungstechnologie als gemeinsamer, sinngebender Bezugspunkt soll künftig auch bei kybernetikgeschichtlichen und philosophischen Beiträgen zu dieser Zeitschrift deutlicher sichtbar werden. (GrKG 13/1, S. 1 f.)

Manuskriptsendungen gemäß unseren Richtlinien auf der dritten Umschlagseite an die Schriftleitung:

Prof. Dr. Helmar Frank
Assessorin Brigitte Frank-Böhringer
(Geschäftsführende Schriftleiterin)
Institut für Kybernetik
D-479 Paderborn, Riemekestraße 62
Tel.: (0 52 51) 3 20 23 u. 3 20 90

Die GrKG erscheinen in der Regel mit einer Knapptextbeilage in Internationaler Sprache mit dem Titel „Homo kaj Informo".

Anzeigenverwaltung und Vertrieb: Hermann Schroedel Verlag KG, D-3 Hannover 81, Zeißstraße 10

Erscheinungsweise: Viermal im Jahr mit je ca. 36 Seiten.
Preis: Einzelheft DM 7,40 — Jahresabonnement DM 29,60 (jeweils zuzüglich Postgebühren und MWSt.).

Abbestellungen von Jahresabonnements nur bis einen Monat vor Jahresende.

Zum Stand der automatischen Textworterkennung

von Heinz Dieter MAAS, Scheidt

1. *Was ist automatische Textworterkennung?*

Man könnte versucht sein, hier unter *automatischer Textworterkennung* ein Verfahren zu vermuten, das es gestattet, aus gesprochenem Text Wörter zu isolieren und sie als Buchstabenfolge zu schreiben, womit notwendige Vorbedingungen für die „automatische Sekretärin" geschaffen wären, für ein Gerät also, das gesprochene Sprache verschriften könnte. Die bisherigen Experimente auf dem Gebiet der Erkennung gesprochener Sprache haben allerdings deutlich erkennen lassen, daß diese Vorstellungen ins Reich der Utopie gehören.

Es gibt also heute und auch in absehbarer Zukunft keine Maschine, die hören könnte, aber immerhin hat man jetzt Geräte zur Verfügung, die Geschriebenes aufnehmen können. So besitzt beispielsweise das Universitätsrechenzentrum Ulm einen *Klarschriftleser*, der mit Schreibmaschine geschriebene Formulare in OCR-A-Schrift fehlerlos lesen kann. Das Gerät nimmt pro Minute etwa acht DIN-A4-Seiten auf und speichert dabei die erkannten Buchstabenketten auf einem Magnetband, das als Eingabemedium für einen Elektronenrechner benutzt werden kann (vgl. dazu Hansen (o.J.)).

Leider ist diese Technik noch nicht so weit entwickelt, daß beliebige Buchformate und Schriftarten gelesen werden können (Gründe hierfür: verschieden große Abstände zwischen den Buchstaben, unsauberer Druck u.ä.). Aus diesem Grund hat man heute im allgemeinen nur die Möglichkeit, dem Computer die zu verarbeitenden Daten über Lochkarten, Lochstreifen und ähnliche Eingabemedien mitzuteilen (Da viele Bücher schon über Setzlochstreifen gedruckt werden, braucht man unter Umständen keine besondere Datenerfassung durchzuführen, wenn man den Computer mit Text füttern will.). Bei dieser Art der Eingabe wird jedem gelochten Zeichen, also jeder Lochkombination, ein Bitmuster zugeordnet, das man als positive Zahl — meist zwischen 0 und 63 oder zwischen 0 und 255 interpretieren kann. Auch der Zwischenraum zwischen zwei Wörtern (*Blank*) wird in eine solche Zahl umgewandelt.

Die Aufnahme eines Textes auf ein computerlesbares Magnetband kann beispielsweise für folgende Zwecke erwünscht sein:

(a) Der Text soll in Buchform erscheinen. Liegt er auf Magnetband vor, dann lassen sich mit dem *Digiset-Verfahren* auf fotomechanischem Wege Druckfolien herstellen, wobei ein zusätzliches Programm die günstigste Anordnung des Textes, die Worttrennung am Zeilenende, Randausgleich, richtige Positionierung von Überschriften u.ä. zuvor ermitteln kann. Ist eine weitere Auflage geplant, dann können die Korrekturen, wie etwa Streichungen und Ergänzungen, auf dem Magnetband vorgenommen werden, wobei der nicht korrigierte Text auch nicht verändert wird. Da das oben erwähnte Zusatzprogramm

den Umbruch übernimmt, können keine Druckfehler in den Bereichen auftreten, in denen nichts geändert wurde (Mit diesem Druckverfahren wurde hergestellt: W. Klein/ H. Zimmermann, Index zu Georg Trakl. Athenäum-Verlag Frankfurt 1971.). Das Verfahren ist demnach besonders für Wörterbücher und andere Nachschlagewerke geeignet, die immer wieder ergänzt und korrigiert werden müssen.

(b) Der Magnetbandtext stellt ein Korpus von Aufsätzen aus einem Fachgebiet dar, die „von Hand" dokumentiert sind oder automatisch dokumentiert werden sollen durch Angabe von charakteristischen Schlüsselwörtern. Hat ein Bearbeiter Fragen zu einem Sachgebiet, das er durch Angabe von Termini spezifizieren muß, dann kann ihm der Computer die relevanten Aufsätze heraussuchen. Diesen Suchvorgang nennt man *Information Retrieval*.

(c) Das Magnetband enthält eine Bibliographie, die zunächst nach Autoren geordnet ausgedruckt werden kann. Interessanter ist die Möglichkeit, die einzelnen Titel unter den in ihnen vorkommenden Stichwörtern auszugeben, wobei die Stichwörter, die ja als Textwortformen vorkommen, automatisch auf die entsprechenden Grundformen reduziert oder übersetzt werden. Als Stichwörter gelten dabei natürlich nur Adjektive, Substantive und Verben, nicht jedoch Funktionswörter (Pronomina, Präpositionen, Konjunktionen usw.) und andere im betrachteten Fachgebiet nicht relevante Wörter, die in einer *Exklusionsliste* zusammengefaßt sind. Das Herausziehen der Stichwörter aus den Titeln, ihre Reduktion auf die Grundformen (*Lemmatisierung*) bzw. ihre Übersetzung und die Sortierung kann ein mit einem entsprechenden Programm ausgestatteter Computer übernehmen. Erweiterungen der Bibliographie und Neuauflagen sind völlig problemlos (Mit einem derartigen Verfahren wird gegenwärtig eine Bibliographie des Psychologischen Instituts der Universität des Saarlandes hergestellt, die etwa 4000 Titel umfassen wird.).

(d) Auf recht einfache Weise lassen sich aus computerlesbaren Texten *Häufigkeitswörterbücher* erstellen, die die Grundlage für einen Grundwortschatz zu bestimmten Fachgebieten oder einer Sprache ganz allgemein bilden. Literaturwissenschaftlich interessant können Frequenzwörterbücher zum Gesamtwerk eines Schriftstellers sein (Das Institut für Vergleichende Literaturwissenschaft an der Universität des Saarlandes hat auf diese Weise den Wortschatz von Baudelaires Les Fleurs du Mal erfaßt.).

(e) Wenig komplizierter ist die automatische Erstellung eines *Wortformindexes* zu einem Text. In einem Index sind die Textwortformen alphabetisch aufgelistet, wobei jeder Wortform ihre Fundstelle durch Angabe von Seiten- und Zeilennummer des Originaltextes beigegeben ist. Gegenwärtig wird daran gearbeitet, *lemmatisierte Indices* durch den Computer erstellen zu lassen, in denen die Stichwörter nicht Wortformen, sondern Grundformen (Infinitiv; Nominativ Singular; prädikative Form des Adjektivs) sind (Vgl. Bericht 10-72:G des SFB-100 (Sonderforschungsbereich „Elektronische Sprachforschung" an der Universität des Saarlandes, Saarbrücken): Aspekte der automatischen Lemmatisierung.). Solche Indices werden bei linguistischen und literaturwissenschaftlichen Studien verwendet (Ein Projekt des SFB-100 beschäftigt sich mit altisländischen Texten und benutzt als Arbeitsgrundlage maschinell hergestellte Indices.).

(f) Der Text kann zum Zweck einer *maschinellen Übersetzung* auf Magnetband aufgenommen werden. Es gibt heute funktionsfähige Programme, die technisch-naturwissenschaftliche Literatur übersetzen können. Die amerikanische Luftwaffe verwendet seit längerem ein automatisches Übersetzungsverfahren und scheint damit recht zufrieden zu sein (vgl. H. Bruderer).

Bei allen oben genannten Aufgaben ist ein *Algorithmus*, also eine präzise und eindeutige Vorschrift, wie es ein Computerprogramm darstellt, zur Isolierung der einzelnen Wörter aus dem laufenden Text erforderlich. Dieses Programm bietet keinerlei Schwierigkeiten, wenn man festsetzt, daß Wortformen voneinander durch Blanks und Interpunktionszeichen getrennt werden. Diese Segmentierung des Textes ist die einfachste Art der automatischen Textworterkennung und kann für diejenigen Problemstellungen ausreichen, die statistisch orientiert sind oder nur mit Wortformen arbeiten, wie es bei (b) und (d) oft geschieht. Komplexere Aufgaben verlangen jedoch darüber hinaus eine Zerlegung der Wortformen in ihre Bestandteile und eventuell noch eine Zuordnung von Informationen zu den vorgegebenen Textwörtern (z.B. grammatische Angaben, Übersetzungsäquivalente).

Bei dem unter (a) genannten Aufgabenbereich ist u.a. ein Algorithmus erforderlich, der Textwortformen in Silben zerlegen kann, damit die Worttrennung am Zeilenende automatisch erfolgen kann. Diese Art der Wortsegmentierung werden wir im folgenden jedoch außer Betracht lassen.

Bei der *automatischen Dokumentation* ist eine Zerlegung der Wortformen in Stamm und Endung wünschenswert, da dadurch verschiedene Wortformen dem gleichen Stamm zugeordnet werden können. Außerdem sollten alle Funktionswörter als solche erkannt werden, da sie bei den üblichen Verfahren der automatischen Dokumentation zur inhaltlichen Charakterisierung der Dokumente nichts beitragen. Zur Lösung dieser Aufgabe braucht der Computer ein Wörterbuch, in dem Funktionswörter und Stämme verzeichnet und mit grammatischen Informationen versehen sind. Solche Wörterbücher sind natürlich zuvor zu kodieren, abzulochen und in den Computer einzugeben.

In der *automatischen Übersetzung* ist eine noch weitergehende Zerlegung von Wortformen erwünscht, da viele Sprachen aus schon existierendem Wortmaterial neue Wörter zu schaffen imstande sind. Das Computerlexikon wird daher stets unvollständig bleiben, so daß sich als Ausweg nur die automatische Analyse, d.h. die Zerlegung der dem Computer nicht bekannten Wörter in bereits bekannte Teile anbietet.

Nach diesem Überblick läßt sich folgendes festlegen:

Die von einem Computer geleistete Ausstattung von Wörtern eines schriftlich fixierten Textes mit grammatischen (morphologischen, syntaktischen, semantischen) Informationen nennen wir *automatische Textworterkennung* oder kurz *Worterkennung.*

2. *Verschiedene Arten der Worterkennung*

2.1 *Vollformenerkennung*

Wenn man allen Textwörtern grammatische Informationen zuordnen möchte, dann bietet es sich zunächst an, aus dem Text ein Häufigkeitswörterbuch zu erstellen und alle darin verzeichneten Wortformen „von Hand" mit den nötigen Angaben zu versehen. Die

kodierten Wörter werden zu einem maschinellen Lexikon zusammengefaßt, so daß der Computer zu jedem Textwort die entsprechende Information finden kann. Soll ein weiterer Text auf diese Weise bearbeitet werden, dann vermag die Maschine die ihr noch nicht bekannten Wörter zu entdecken und auszudrucken. Die menschlichen Bearbeiter können dann das Maschinenlexikon erweitern.

Dieses Verfahren hat bei Sprachen wie Deutsch, Russisch, Italienisch oder auch Esperanto, deren Wörter je nach ihrer Funktion im Satz verschiedene Gestalt annehmen können, einen großen Nachteil: Aus einem Wort können durch *Inklination* (Deklination, Konjugation) unter Umständen sehr viele Formen (*Flexionsformen*) gebildet werden, die alle, wenn das Maschinenlexikon einigermaßen vollständig sein soll, kodiert und abgelocht werden müssen. Ein Wortformenbuch der oben genannten Sprachen würde leicht den zehnfachen Umfang eines üblichen Wörterbuches annehmen.

Trotzdem ist das Verfahren der Vollformenerkennung in den älteren Projekten der linguistischen Datenverarbeitung angewendet worden (vgl. Eggers (1969)), da die Textwörter mit einem einfachen Suchalgorithmus in der Wortliste nachgesehen werden konnten. Das Suchverfahren bestand darin, die Textwörter (mit einer laufenden Nummer versehen) alphabetisch zu sortieren, die entstandene Liste mit dem Lexikon zu vergleichen und nach Abschluß aller Vergleiche die Textwörter wieder nach ihrer laufenden Nummer zurückzusortieren. Diese Suchmethode war auch durch die damals vorhandenen technischen Hilfsmittel bedingt: Als Speicher für große Datenmengen waren nur Magnetbänder einsatzbereit, die bekanntlich nur durch Vor- und Rückspulen gelesen und durchsucht werden können. Speicherbereiche, auf deren einzelne Einträge erst dann zugegriffen werden kann, wenn alle vorhergehenden gelesen sind, nennt man *sequentielle Dateien*.

Heute führt man die Vollformenerkennung eigentlich nur noch in Spezialfällen durch, wie etwa beim Vergleich eines Textes mit einer Exklusionsliste. Eine vergleichbare Anwendung beruht auf Erkenntnissen der statistischen Linguistik, nach denen relativ wenige Vokabeln (*Types*) einen unverhältnismäßig großen Anteil am Textumfang (Anzahl der „*Tokens*") haben. Allein der bestimmte Artikel liefert beispielsweise im Deutschen, Spanischen und Esperanto fast ein Zehntel des Textes. Grob geschätzt machen die hundert häufigsten Wortformen einer Sprache die Hälfte jedes größeren Textes aus. Daher bietet es sich an, diese häufigen Wörter als volle Formen in ein *Hochfrequenzwörterbuch* aufzunehmen, das stets im Kernspeicher des Computers gehalten und daher sehr schnell durchsucht werden kann. Rund 50 % der Textwörter sind dann außerordentlich rasch zu identifizieren.

Die Suche wird folgendermaßen durchgeführt: Die Wörter des Hochfrequenzlexikons stehen alphabetisch geordnet in einer Liste L; das zu suchende Wort soll W genannt werden. Nun vergleicht man W mit demjenigen Wort W_L, das in der Mitte von L *steht. Ist* $W = W_L$, dann ist die Suche erfolgreich beendet.
Steht W alphabetisch hinter W_L, dann braucht man nur noch in der hinteren Hälfte von L zu suchen; steht aber W vor W_L, dann ist nur noch die vordere Hälfte von L interessant. Mit der so festgestellten Restliste führt man das Verfahren von Teilung und Vergleich fort, bis entweder W gefunden ist oder die Restliste nicht mehr aufgeteilt werden kann, weil sie nur noch ein Wort enthält. Im letzteren Fall ist W nicht in L enthalten.
Diese Art der Suche wird *Binärsuche* genannt. Die Anzahl der Suchschritte ist etwa gleich dem Zweierlogarithmus der Anzahl der Lexikonelemente, d.h. wenn die Wortliste 255 Elemente enthält, weiß der Computer nach etwa acht Schritten, ob das Suchwort in der Liste steht oder nicht (Der SFB-100 besitzt ein solches Programm für russische und deutsche Wörter. Suche und Ausstattung eines russischen Wortes mit grammatischen Informationen benötigen im Durchschnitt 1 msec Rechenzeit.).

2.2 *Flexionsanalyse*

Da für alle Sprachen die Inklination in ein formales, wenn auch eventuell sehr komplexes Regelsystem zu fassen ist, genügt die Aufnahme von Wortstämmen ins Maschinenlexikon, um die Wortformen eines Textes zu identifizieren. Dieses Stammlexikon ist unentbehrlich, da die Flexionssuffixe im allgemeinen mehrdeutig sind. Die deutsche Graphemfolge *er* kann beispielsweise den Plural von Substantiven anzeigen (*Kind-er*), den Komparativ (sie ist *schön-er*), das attributive nicht gesteigerte Adjektiv (ein *schön-er* Mensch), eine Ableitung (*Schreib-er*) usw., sie kann aber auch zufällig ein Teil eines Wortes sein, ohne daß man ihr eine grammatische Funktion oder eine Bedeutung zumessen könnte (*Me-er*, *Meist-er*).
Für die automatische Flexionsanalyse braucht der Computer demnach ein Stammwörterbuch und eine Liste der Flexionsendungen der behandelten Sprache. Die Stämme bekommen Angaben über ihre Kombinierbarkeit mit den Flexionselementen, während jenen oft Merkmale beigegeben sind, die auf die syntaktische Funktion der flektierten Formen schließen lassen. Mehrdeutige Flexionssuffixe können mehrfach in der Liste aufgeführt sein.
Die Identifikation von Wortformen durch den Computer geschieht durch sukzessives Abschneiden von Buchstaben vom Wortende her, wobei jedes Wort in einen vermutlichen Stamm und ein vermutliches Flexionssuffix (das auch leer sein kann) zerlegt wird. Die Maschine überprüft, ob der rechte Rest in der Flexionsliste vorkommt (z.B. durch Binärsuche) und ob der linke Teil im Stammwörterbuch steht. Diese Abfragen gehen z.B. für die Wortzerlegung *Schreib-er* positiv aus, während die Segmentierung *Me-er* verworfen wird, weil es keinen Stamm *me* gibt.
Der Algorithmus sieht nun bei positivem Ausgang der beiden Abfragen die Prüfung der Kombinierbarkeit von Stamm und Flexionsendung vor (Das gilt natürlich auch für das eingeschobene ge bei den deutschen Partizipien, wie z.B. ab-ge-broch-en.). Dieser Test verwirft beispielsweise die Segmentierung SCHREIB-ER, da das Suffix *er* nie Flexionsendung eines Verbs sein kann. Hier liegt vielmehr eine Ableitung vor, die aus einem Verb ein Substantiv gebildet hat.
Flexionsanalysen können beispielsweise in der automatischen Dokumentation nutzbringend verwendet werden. Hier spielen gerade, wie Schott (1972) berichtet, die Substantive eine hervorragende Rolle, da sie von den bedeutungstragenden Wortformen den größten Anteil am Text haben. Um die verschiedenen Formen eines Substantivs unter

einem graphischen Repräsentanten zusammenfassen zu können, muß die Maschine in der Lage sein, eine Flexionsanalyse für Substantive durchzuführen, wobei im Deutschen durch die Berücksichtigung der Großschreibung schon eine Vorauswahl getroffen werden kann. Besondere Schwierigkeiten bei der Analyse deutscher Substantive bietet die Pluralbildung durch Umlaut oder durch Übernahme fremdsprachlicher Pluralformen (z.B. *Index* — *Indices*; *Matrix* — *Matrizen*; *Pronomen* — *Pronomina*). Das Verfahren, über das G. Schott berichtet, bearbeitet 80 Wörter in der Sekunde.
Über ähnlich funktionierende Flexionsanalysen verfügt auch der SFB-100. Die Algorithmen werden im Projekt „Automatische Übersetzung Russisch-Deutsch" und „Automatische Lemmatisierung" verwendet (Über die Flexionsanalyse des Russischen vgl. Bericht 9-72:G des SFB-100.). Besondere Probleme werfen dabei die deutschen Partizipien und Infinitive mit *zu* auf. So muß beispielsweise aus der Wortform *herbeigerannt* das Flexionselement *—ge—* herausgetrennt werden, damit als Grundform *herbeirennen* bestimmt werden kann. Ähnlich ist es mit *zu* in *herbeizurennen*. Die deutsche Flexionsanalyse beruht auf einem Verfahren von E. Huckert (1975) (Das Verfahren wird im Bericht LA 15 des SFB-100 beschrieben, der der Worterkennung gewidmet ist. Der Bericht wird demnächst erscheinen.), das Computerprogramm und Regelsystem trennt. Im allgemeinen ist jedoch das Regelsystem in das Programm integriert, da dadurch die benötigte Rechenzeit verringert wird. Die Trennung der beiden Komponenten bringt jedoch den Vorteil mit sich, daß Korrekturen leicht auszuführen sind und das Verfahren durch Änderung des Regelsystems auch auf andere Sprachen angewandt werden kann.
Eine dem SFB-100 ebenfalls zur Verfügung stehende Flexionsanalyse für Esperanto konnte wesentlich einfacher algorithmiert werden, da es im Esperanto eine umkehrbar eindeutige Zuordnung zwischen grammatischen Funktionen und Flexionssuffixen gibt. Allerdings können im Auslaut von Funktionswörtern Buchstabenfolgen auftreten, die fälschlicherweise als Flexionsendungen interpretiert werden könnten. Solche Fehlanalysen lassen sich vermeiden, wenn man die Funktionswörter ausnahmslos in ein Hochfrequenzwörterbuch aufnimmt und jedes Textwort vor der Flexionsanalyse mit diesem Speziallexikon vergleicht. Die dort gefundenen Wörter sind dann auch sofort mit grammatischen Informationen ausgestattet. Durch den Einsatz des Funktionswörterbuches (Nach eigenen Zählungen liefern Funktionswörter und Satzzeichen (die hier einmal als Wörter angesehen wurden) rund 50 % des Umfangs eines Esperantotextes.) und der Liste der Flexionssuffixe kann jedes Esperantowort hinsichtlich seiner Wortklasse (bei Verben auch noch hinsichtlich des Tempus und Modus, bei Adjektiven auch hinsichtlich des Numerus und Kasus) identifiziert werden, ohne daß ein Stammwörterbuch erforderlich wäre. Bei der Untersuchung von Wortformen eines Esperanto-Textes kann es jedoch zu fehlerhaften Analysen durch Namen und Abkürzungen kommen. Problematisch ist auch die Analyse von Partizipien, wenn sie als solche erkannt und dem Verbstamm zugeordnet werden sollen, da die Partizipendungen (*at*, *it*, *ot*, *ant*, *int*, *ont*) des öfteren zufällige Endketten von Adjektiven oder Substantiven sind. Das Wort *gefratoj* (= *Geschwister*) könnte formal ein substantivisches Partizip zum (nicht existierenden) Verbum **gefri* sein. Um solche Mißdeutungen zu verhindern und um die Textwortformen mit mehr als

nur flexivischer Information auszustatten, ist demnach auch für die Erkennung von Esperantowörtern ein Stammwörterbuch erforderlich (Für die Zwecke der automatischen Dokumentation könnte man allerdings auf ein Stammlexikon verzichten, da die geringe Fehlerquote vernachlässigt werden kann.). Im Unterschied zu den Worteinträgen ethnischer Sprachen brauchen die Esperantostämme keine Angaben über die Kombinierbarkeit mit Flexionsendungen zu tragen, da es keine verschiedenen Deklinations- oder Konjugationsklassen gibt. Nicht einmal Wortklassenwechsel bringen Stammänderungen mit sich. Beispiel:

skrib-i = schreiben (verbaler Stamm)
skrib-o = Schrift
skrib-a = schriftlich
(Die Unveränderlichkeit des Stammes wäre für die automatische Dokumentation sehr günstig, da man offenbar ganze Wortfamilien unter einem Repräsentanten, hier z.B. *skrib*, zusammenfassen kann.)

Da Stammwörterbücher einen so großen Umfang haben, daß sie nicht im Kernspeicher des Computers gehalten werden können, wo alle Operationen ablaufen, müssen sie auf externen Dateien — Magnetbändern oder Magnetplatten — gespeichert werden. Ist ein Lexikon auf einer Magnetplatte abgelagert, dann kann man einzelne Wörterbuchseiten in den Kernspeicher transferieren, ohne die vorgehenden Seiten zu lesen, wie das bei einer sequentiellen Magnetbanddatei der Fall ist. Diese technische Möglichkeit macht man sich bei der Suche in großen Wortlisten zunutze, indem man dem Lexikon ein Inhaltsverzeichnis beifügt, in dem die jeweils ersten Wörter jeder Seite nacheinander aufgelistet sind. Soll ein Stamm *S* gesucht werden, dann stellt der Computer anhand des im Kernspeicher befindlichen Inhaltsverzeichnisses durch Binärsuche fest, auf welcher Wörterbuchseite *S* zu finden sein müßte. Diese Seite wird in den Kernspeicher verlagert und durchsucht. Eine Sortierung und Rücksortierung der zu suchenden Stämme erübrigt sich damit.

Die Verwendung eines Stammlexikons anstelle eines Wortformenbuches löst allerdings noch nicht das Problem des praktisch unendlichen Wortschatzes (Abschätzungen für das Wachstum eines Textwortschatzes in Abhängigkeit von der Textlänge findet man in Maas, 1972.) jeder Sprache, vor allem wenn man zur Wortidentifikation nur die Zerlegung in Stamm und Flexionsendungen zu Hilfe nimmt. Die Schwierigkeit, durch den Computer selbst die ihm auf diese Weise unbekannt bleibenden Wörter wenigstens mit einer Minimalinformation zu versehen, wird nicht behoben.

Bei Sprachen mit reicher Flexionsmorphologie (z.B. Russisch) bietet sich ein Verfahren an, das sich lediglich auf die Erkennung möglicher Flexionssuffixe stützt, wenn man voraussetzen kann, daß das Maschinenlexikon die relativ geringe Zahl von Funktionswörtern vollständig enthält. Diese Analyse vermag aber im allgemeinen für ein unbekanntes Wort nur mehrere Interpretationen zur Auswahl anzubieten. Die Einschränkung der Interpretationen gelingt eventuell durch Untersuchung des Kontextes des Textwortes oder durch eine *automatische syntaktische Analyse* des Satzes, in dem es sich befindet

(Solche Verfahren hat Zimmermann, 1972, beschrieben.). Eine Chance, das Textwort ohne Zuhilfenahme von derartig komplexen Algorithmen zu charakterisieren, bietet der Versuch seiner *vollständigen Zerlegung* in Morpheme.

2.3 *Kompositaerkennung*

Wir müssen hier zunächst einige Termini erklären.

Ein *Morph* ist ein sprachliches Ausdrucksmittel, dem ein Inhalt zugeordnet werden kann und das nicht weiter in kleinere bedeutungstragende Buchstabenketten zerlegbar ist (Wir geben hier die Definitionen für geschriebene Sprache.). Wir können Morphe isolieren, indem wir Wörter, denen ein gemeinsames Inhaltselement zukommt, auf ein gemeinsames Ausdruckselement hin untersuchen bzw. indem wir Wörter, die aufgrund ihres Zeichenbestandes ein gemeinsames Morph vermuten lassen, auf ein gemeinsames Inhaltselement hin überprüfen. Dabei zeigt es sich gewöhnlich, daß gleiche Inhalte durch mehrere verschiedene Morphe ausgedrückt werden können, die sich in ihrem Zeichenbestand nur wenig unterscheiden (z.B. im Deutschen *sing, sang, sung, säng*). Diese Morphe faßt man zu einer abstrakten Einheit, einem *Morphem* zusammen und nennt die konkreten Erscheinungsformen des Morphems seine *Allomorphe*. Ist ein Morph *m* gleichzeitig Allomorph mehrerer Morpheme (wie im Deutschen *er*), dann nennen wir es *homomorph*. Von Wenzel (1973) wurde der Begriff der *Heteromorphie* eingeführt: Läßt sich eine Wortform auf verschiedene Weise in Folgen von Morphemketten zerlegen, dann nennen wir diese Wortform *heteromorph* (z.B. *rasten = ras-ten / rast-en*).

Für die Zwecke der automatischen Zerlegung einer Wortform in Morpheme definiert man allgemein fünf Klassen von Morphemen, die sich aufgrund ihrer Kombinierbarkeit miteinander ergeben: *Präfixe* (*P*), *Kernmorpheme* (*K*), *Derivationssuffixe* (*D*), *Inklinationssuffixe* (*I*) und *Fugen* oder *Konnektoren* (*C*). Als Beispiel sei die Segmentierung eines deutschen Wortes vorgestellt:

Welt - unter - gang - s - stimm - ung - en
K *P* *K* *C* *K* *D* *I*

Nach Wenzel (1973) lassen sich fast alle russischen Wortformen durch das folgende Schema beschreiben:

$$((P)\ K\ (D)\ C)^{*}\ (P)\ K\ (D)\ (I)$$

Dabei sind die eingeklammerten Elemente fakultativ, und der Stern bedeutet beliebige Wiederholbarkeit. Interessant ist dabei, daß im Russischen je zwei Kernmorpheme so gut wie immer durch eine Fuge – meist ein O – voneinander getrennt werden. Im Deutschen, Niederländischen und Esperanto beispielsweise gilt diese Regel (leider) nicht.

Um eine vollständige Wortzerlegung vornehmen zu können, braucht der Computer offenbar alle in der untersuchten Sprache vorkommenden Präfix- und Suffixkombinationen, alle Fugen und Kernmorpheme. Für das Russische existiert ein Derivationswörterbuch (Worth, 1970), in dem fast 11 000 Wortfamilien mit insgesamt 110 000 Wörtern alphabetisch nach den Kernmorphemen aufgelistet sind. Zu einer Wortfamilie gehören also Wörter, in denen das gleiche Kernmorphem vorkommt. Dieses Lexikon wurde in

siebenjähriger Arbeit mit maschineller Unterstützung erstellt und kann als Grundlage für den Aufbau eines automatischen Morphlexikons dienen.

Für die deutsche Sprache ließe sich ein Morphlexikon aus dem *Saarbrücker Deutschen Wörterbuch* erstellen, das mit etwa 100 000 Einträgen für den Zweck der automatischen syntaktisch-semantischen Analyse geschaffen wurde und in maschinell lesbarer Form zur Verfügung steht (Vgl. Bericht 10-72:G des SFB-100.). Die Wörterbucheinträge sind von den Bearbeitern segmentiert und in Präfixe, Suffixe, Fugen und Kernmorpheme eingeteilt worden.

Auch für Esperanto gibt es eine maschinenlesbare Morphemliste, die von Schlüter (1972) für die Ausarbeitung eines rückläufig sortierten Morphemlexikons erstellt wurde und auf Grosjean-Maupin (1964) basiert. Darin sind fast 7000 Morpheme aufgelistet, allerdings ohne jegliche Informationen.

Zu erwähnen bleiben noch Versuche, die Ermittlung von Morphemen mit *statistischen Methoden* zu objektivieren. An diesen Problemen wird insbesondere in der Sowjetunion intensiv gearbeitet. Über ein solches Verfahren berichtet z.B. Pikver (1971), die sich auf Andrejev (1967) stützt. Umfangreiche quantitative Analysen hat Andrejeva (1969) vorgelegt.

Liegen dem Computer erst einmal Morphemlexika vor, dann sind die Zerlegungsalgorithmen zu entwerfen und zu programmieren. Wenzel (1973) geht bei seinem Segmentierverfahren für russische Wortformen davon aus, daß zwischen je zwei Kernmorphemen eine Fuge steht (Nur in 0,1 % aller Fälle gilt das nicht.). Der erste Analyseschritt besteht daher in der Feststellung der möglichen Fugen innerhalb eines Wortes (E, O und der Bindestrich). Sind *n* derartige eventuelle Grenzanzeiger gefunden worden, dann gibt es wegen der Mehrdeutigkeit Fuge/Nichtfuge 2^n Segmentierungsmöglichkeiten. Da O und E zu den häufigsten Buchstaben im Russischen zählen, muß mit einer sehr großen Anzahl möglicher Zerlegungen gerechnet werden. Der Algorithmus von Wenzel untersucht die Wortformen von rechts nach links und prüft dabei, ob zwischen je zwei vermutlichen Fugen ein Kernmorphem steht. Wenn das nicht der Fall ist, kann der linke Fugenvokal kein Grenzanzeiger sein. Der Algorithmus ist so angelegt, daß er alle Zerlegungsmöglichkeiten eines Wortes liefert. Ein Test des Verfahrens ergab, daß rund 50 Wörter pro Sekunde analysiert werden können (Die große Geschwindigkeit ist daraus zu erklären, daß sämtliche Morphe stets im Kernspeicher des Computers gehalten werden und mit dem Binärverfahren gesucht werden.). 80 % der Wörter waren eindeutig und richtig segmentiert, 19 % waren heteromorph (darunter auch die richtige Lösung), während nur 0,7 % falsch und 0,1 % überhaupt nicht segmentiert wurden.

Ein aus linguistischen Gründen anders geartetes Segmentierungsverfahren wurde von Verloren van Themaat (1972) für das Niederländische ausgearbeitet. Er versucht allerdings nicht, eine vollständige Morphemzerlegung vorzunehmen, da er seine Methode als Hilfsmittel für die automatische Übersetzung versteht. Die Zerlegung von *Hochzeit* in *hoch* und *zeit* wäre hier beispielsweise kein praktisch verwertbares Ergebnis, abgesehen davon, daß man Genus und Numerus erfahren würde. Außerdem liefert der Algorithmus

nicht alle Zerlegungen eines Wortes, sondern nur die wahrscheinlichste, was durch entsprechende Markierungen der Einträge des maschinellen Morphlexikons erreicht wird. Die Segmentierung wird von links nach rechts vorgenommen, wobei sofort Beschränkungen in der Kombinierbarkeit der aufeinander folgenden Morpheme überprüft werden. Nach der Zerlegung versucht der Algorithmus, die isolierten Morpheme zu einem *Strukturbaum* zusammenzufassen. Nur wenn dies nicht gelingt, wird eine weitere Segmentierung versucht.

Das Programm ist in der Programmiersprache ALGOL-60 geschrieben und hat eine Fehlerquote von 2%. Diese kann allerdings dadurch gesenkt werden, indem man die fehlerhaft segmentierten Wörter als ganze Stämme ins Lexikon aufnimmt.

Die vorgestellten Verfahren unterscheiden sich wesentlich von einer im SFB-100 entwickelten und erprobten Methode, die nicht auf einzelne Sprachen zugeschnitten ist. Es handelt sich dabei um einen sogenannten *Kellerautomaten*, der die Analyse einer ganzen Klasse von formalen Sprachen bewältigen kann. Diesem Automaten ist das *Regelsystem* mitzuteilen, nach dem die zu analysierenden Wörter oder Sätze konstruiert sind. Dieses grammatische System hat die Form von Ersetzungsregeln (*Produktionen*), die die Substitution von einzelnen Symbolen durch Symbolketten erlauben. Diese Ersetzungen beginnen mit einem *Anfangssymbol* und enden, wenn die erzeugten Symbole ausnahmslos *Endsymbole* sind. Bei der Erzeugung von Wortformen sind die Endsymbole die Buchstaben. Die Produktionen sind numeriert, damit eventuell notwendige Beschränkungen bei der Analyse in Programmform eingebracht werden können. Bei der Morphemzerlegung ist es z.B. nötig, ehe eine Buchstabenfolge zum Morphem erklärt wird, das Wörterbuch zu konsultieren. Außer der Segmentierung liefert der Kellerautomat für jedes eingegebene Wort eine Struktur, die über ein *Syntheseregelsystem* sichtbar gemacht werden kann.

Dieser Kellerautomat, bei dem Algorithmus und Regelsystem getrennt sind, ist anhand der Segmentierung von Esperantowörtern getestet worden, da die Regeln zur Erzeugung – und damit auch zur Analyse – von komplexen Wörtern wegen des Fehlens von Allomorphen besonders einfach zu formulieren sind.

Der Algorithmus funktioniert auf folgende Weise: Die eingegebene Symbolkette wird von links nach rechts abgearbeitet, indem versucht wird, eine Reduktionsregel (d.h. eine umgedrehte Erzeugungsregel) anzuwenden. Wird eine solche Regel gefunden, dann wird die Symbolkette zusammen mit der Regelnummer abgespeichert (*gekellert*) und dann gemäß der gefundenen Regel umgewandelt. Auf diese Kette wird das Verfahren weiter angewandt. Tritt eine Symbolkette auf, auf die keine Regel mehr anzuwenden ist, dann wird die letzte Kette mit ihrer Regelnummer wieder ausgekellert und eine andere Regel gesucht, die auf sie angewendet werden kann. Das Verfahren läuft so lange, bis das Anfangssymbol erreicht ist. Im Keller steht dann eine Ableitung der Originalkette. Falls noch weitere Analyseergebnisse gewünscht werden, läßt man den Algorithmus nicht halten, wenn er das Startsymbol gefunden hat, sondern läßt ihn nach Auskellerung der noch vorhandenen letzten Kette weiterlaufen. Der Automat bleibt erst dann stehen, wenn nichts mehr ausgekellert werden kann.

Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß der Bearbeiter sich nicht mehr um den Ablauf der Analyseschritte und um die Verwaltung der Mehrdeutigkeiten zu kümmern

braucht. Er muß lediglich ein Regelsystem zur *Erzeugung* der Wortformen aufstellen, das sehr viel leichter zu übersehen ist als ein spezieller Analysealgorithmus. Ein Nachteil allerdings muß in Kauf genommen werden, nämlich relativ große Rechenzeiten, die wieder einmal bestätigen, daß Bequemlichkeit etwas kostet. Die getestete Version des Automaten (programmiert in FORTRAN) segmentiert im Durchschnitt ein Wort pro Sekunde.

Die Segmentierung von Esperantowörtern kann im Durchschnitt jedoch sehr viel schneller durchgeführt werden, wenn man mehrere Analyseoperatoren nacheinander einsetzt:

1. Erkennung von Funktionswörtern (50 % des Textes)
2. Erkennung von Wörtern der Form *Kernmorphem + Flexionssuffix* (35 % des Textes)
3. Erkennung von Wörtern des Typs *Präfixkombination + Kernmorphem + Suffixkombination* (10 % des Textes)
4. Erkennung von Wörtern des Typs *Kernmorphem + Kernmorphem + Flexionssuffix* (5 % des Textes)
5. Erkennung von noch komplexeren Wortformen durch den Kellerautomaten, der die gesamte Wortbildung beherrscht (vielleicht in 1 % aller Fälle nötig)

Eine Beschleunigung der Arbeitsweise des Automaten könnte auch durch Verzicht auf die Entdeckung von Heteromorphien erreicht werden, die jedoch im Esperanto recht häufig zu sein scheinen und einmal anhand von Texten untersucht werden sollten (Ĝivoje (1973) zählt etwa 150 heteromorphe Wörter auf.).

Die Analyse von Textwortformen des Esperanto kann dazu verwendet werden, das maschinelle Lexikon, das zunächst nur Morpheme zu enthalten braucht, automatisch zu erweitern, indem Komposita und Derivationen als Stämme aufgenommen werden, für die später keine Analyse mehr durchgeführt werden muß. Die Erkennung einer Derivation bringt es außerdem mit sich, daß Aussagen über die Kernmorpheme automatisch aufgestellt werden können, so daß der Computer selbständig die im Wörterbuch verzeichneten Morpheme mit Informationen versehen kann. Wird beispielsweise das Wort *virino* (= *Frau*) zerlegt als *vir-in-o*, dann weiß man, daß es sich um ein Substantiv handelt, das ein weibliches Lebewesen bezeichnet, und daß *vir-* ein männliches Lebewesen benennt. Außerdem wird erkannt, daß die Stämme *vir-* und *virin-* Substantive sind.

Eine weitergehende Klassifizierung von Textwortformen, Stämmen und Morphemen wäre durch eine syntaktisch-semantische Analyse der eingegebenen Sätze möglich. Damit könnten vor allem die Verben genauer spezifiziert werden, wodurch wiederum die Qualität der Worterkennung erhöht würde.

Der Computer vermag also durch Wort- und Satzanalyse anhand der ihm gegebenen Texte zu *lernen* und dieses Wissen zu speichern. Das gilt natürlich auch für den Fall, daß ethnische Sprachen wie Russisch oder Deutsch bearbeitet werden. Wegen der Vielfalt der zu disambiguierenden Mehrdeutigkeiten (Homomorphie, Heteromorphie, syntaktische und semantische Mehrdeutigkeit) gilt das für die Volkssprachen in einem sehr viel geringeren Maße als für Esperanto, das mit seinem Verzicht auf „natürliches", d.h. südeuropäisches Aussehen durch Abschaffung von Morphvarianten und Homographie besonders problemlos automatisch zu verarbeiten ist.

Schrifttum

Andrejev, N.D.: Statistiko-kombinatornye metody v teoretičeskom i prikladnom jazykoznanii. Leningrad 1967

Andrejeva, L.D.: Statistiko-kombinatornye tipy slovoizmenenija i razrjady slov v russkoj morfologii. Leningrad 1969

Bruderer, H.: Maschinelle und maschinenunterstützte Sprachübersetzung in der Praxis. Bern 1974 (vervielfält.)

Eggers, H. et al.: Elektronische Syntaxanalyse der deutschen Gegenwartssprache. Max Niemeyer Verlag, Tübingen 1969

Fleischer, W.: Wortbildung der deutschen Gegenwartssprache. Tübingen 1971

Gauger, H.-M.: Durchsichtige Wörter. Zur Theorie der Wortbildung. Heidelberg 1971

Ĝivoje, M.: Esperantonimoj. Milano 1973

Grosjean-Maupin, E.: Plena vortaro de Esperanto kun Suplemento. Sennacieca Asocio Tutmonda, Paris 1964

Herlass, G., Vater, H.: Zum aktuellen deutschen Wortschatz. Forschungsberichte des Instituts für deutsche Sprache *21*, Tübingen 1974

Huckert, E.: Deutsche Flexionsanalyse. In: LA *15*, Saarbrücken 1975 (erscheint demnächst)

Hansen, Th.: Erfassen von Daten mit dem Klarschriftleser CD 955. Technischer Bericht 73.7 des Universitäts-Rechenzentrums Ulm (o.J.)

LA Linguistische Arbeiten des Germanistischen Instituts und des Instituts für Angewandte Mathematik der Universität des Saarlandes. Später: Berichte des Sonderforschungsbereichs „Elektronische Sprachforschung" (SFB-100). Die LA-Numerierung wird jedoch fortgeführt.

Luckhardt, H.-D.: Analyse von russischen Derivationen und Komposita. In: LA *14*, Saarbrücken 1975 (erscheint demnächst)

Maas, H.-D.: Automatische syntaktische Analyse russischer Sätze. In: LA *11*, Saarbrücken 1972

Maas, H.-D.: Über den Zusammenhang zwischen Wortschatzumfang und Länge eines Textes. In: Zeitschrift für Literaturwissenschaft und Linguistik *8*, Frankfurt 1972

Pikver, A.: Statističeskaja morfemnaja segmentacija slov. In: Linguistica *4*, Tartu 1971

Schlüter, K.: Inversa Vortaro. Universala Esperanto-Asocio Rotterdam

Schmidt, E.L., Thiel, M.: Zur Behandlung nicht inventarisierter Komposita. In: LA *12* (= 10-72:G), Saarbrücken 1972

Schott, G.: Automatic Analysis of Inflectional Morphems in German Nouns. In: Acta Informatica *1*, 360-374, Springer Verlag 1972

Verloren van Themaat, W.A.: Automatic Analysis of Dutch Compound Words. Mathematical Centre Tracts *38*, Amsterdam 1972

Weber, H.J.: Mehrdeutige Wortformen im heutigen Deutsch. Niemeyer Verlag, Tübingen 1974

Wenzel, Fr.: SPLIT. Ein Verfahren zur maschinellen morphologischen Segmentierung russischer Wörter. München 1973

Worth, D.S. et al.: Russian Derivational Dictionary. New York, 1970

Zimmermann, H.H.: Das Lexikon in der maschinellen Sprachanalyse. Athenäum Verlag, Frankfurt 1972

Eingegangen am 17. April 1975

Anschrift des Verfassers: Heinz Dieter Maas, 6601 Scheidt, Parkweg 14

Informationspsychologische Elementarbausteine der Intelligenz

von Siegfried LEHRL, Barbara STRAUB und Roland STRAUB, Erlangen
aus der Universitäts-Nervenklinik mit Poliklinik Erlangen (Direktor: Prof. Dr. H.H. Wieck) — Einheit für Medizinische Psychologie und Psychopathometrie (Leiter: Dipl.-Psych. Dr. W. Kinzel)

I. Subjektives Zeitquant als Intelligenzkomponente

Zu den eindrucksvollsten Befunden der Psychologie gehört der durch Wahlreaktionsexperimente an Menschen unter bestimmten Versuchsbedingungen mehrfach belegte lineare Zusammenhang zwischen dem Logarithmus der Reizmöglichkeiten und der Reaktionszeit. Einen knappen Überblick geben W.H. Teichner und M.J. Krebs (1974).

H. Frank (1960b) brachte diese empirische Beziehung mit dem Subjektiven Zeitquant (SZQ) in Verbindung. E. Roth (1964) fand experimentell substantielle Korrelationen zwischen der Mehrfachreiz-Reaktionsfunktion und Intelligenzleistungen. S. Lehrl (1974) kombinierte diese beiden Forschungsansätze und leitete daraus die ex-post-Hypothese ab, daß das SZQ eine wichtige Komponente der Intelligenz sei. Außer den empirischen Befunden, auf denen diese Hypothese errichtet wurde, führte er noch andere Gründe für die Annahme des SZQ als Intelligenzkomponente an:

1) Bei Kartensortierversuchen hatte W.D. Oswald Zusammenhänge zwischen Informationsmenge der Reize und Reaktionen und Reaktionszeit einerseits und Intelligenzleistungen andererseits nachgewiesen (in: E. Roth, W.D. Oswald und K. Daumenlang, 1972).
2) Begrifflich überschneiden sich das SZQ und die Schnelligkeit der psychischen Vorgänge, die J.L. Horn (1970) als maßgeblich für die intellektuelle Basisausstattung hält.
3) SZQ/sec (H. Riedel, 1967) und flüssige Intelligenz (P.R. Hofstätter, 1971; R.H. Weiss, 1972) verändern sich mit dem Lebensalter parallel zueinander.
4) Die introspektive Beschreibung und gedankliche Analyse des Lösungsvorganges bei Aufgaben für flüssige Intelligenz macht einen Zusammenhang zwischen SZQ und flüssiger Intelligenz einsichtig.

C_K gilt als Aufnahmekapazität von Informationen ins Bewußtsein (in den Kurzspeicher). Während eines SZQ kann 1 bit Information aufgenommen werden (z.B. in: H. Frank, 1960a, 1971). Deshalb wird C_K in bit/sec oder SZQ/sec gemessen.

Die dem Kurzspeicher zufließenden Informationen können von den Sinnesorganen übermittelt werden (syntaktische), dem vorbewußten Gedächtnis entstammen (semantische) oder die Auswahl zu realisierender Aktionen betreffen (pragmatische Information). Die Wahlreaktionen, auf die sich das empirische Hauptargument der Annahme eines Zusammenhanges zwischen SZQ oder SZQ/sec mit Intelligenz stützt, werden nach

H. Frank (1960b) aber zu gleichen Teilen von syntaktischer und semantischer Information getragen. Möglicherweise ist nur eine dieser Komponenten mit Intelligenz korreliert. Deshalb wird in der vorliegenden Arbeit nur eine Komponente, der Zufluß der syntaktischen Information zum Kurzspeicher, untersucht. C_K bedeutet in diesem Fall Apperzeptionsgeschwindigkeit.

II. Empirische Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Apperzeptionsgeschwindigkeit und Intelligenz

1. *Versuchsplan, —durchführung und —personen*

In das psychopathometrische Inventar einer breit angelegten Untersuchung zur Messung von Schweregraden der zyklothymen Depression wurde ein Verfahren zur SZQ-Messung aufgenommen. Es besteht aus vier verschiedenen Zeilen mit je 20 Buchstaben (Bild 1), bei deren Sequenz man praktisch stochastische Unabhängigkeit unterstellen darf.

u n r z t r f e p k b v d s n i l d m r
I P L Z M B E O A E H I O A Z T L E A V
m j z t f r d s i h d o l t k g d w r i
E C X S B T L K E O L G F D E A V I M H

Bild 1: Verfahren zur Messung der Lesedauer

> Als wichtige Stütze der Behauptung einer stochastischen Unabhängigkeit dient unsere empirische Feststellung (S. Lehrl, H. Erzigkeit u. V.J. Galster, 1974), daß Versuchspersonen beim Lesen zweistelliger Zahlen auf den gleichen Informationszufluß in den Kurzspeicher wie bei den Buchstabenreihen kommen.

Jede Zeile wurde gesondert dargeboten mit der Aufforderung, die Buchstaben so schnell wie möglich vorzulesen. Um durch Blockierungen oder andere Einflüsse bedingte Störungen möglichst gering zu halten, wurde pro Person nur der kürzeste Leseversuch gewertet.

Die reine Sprechdauer pro Buchstabe glauben wir vernachlässigen zu können, da sie eindeutig kürzer als die Lesedauer ist. Das belegten wir durch einen kleinen Versuch an zehn Personen, wovon vier älter und sechs jünger als 45 Jahre waren und vier einen IQ unter 100, sechs gleich oder darüber hatten. Die Versuchspersonen sollten zweimal unmittelbar hintereinander die ersten zehn Buchstaben des Alphabets (A bis J) hersagen. Von diesen können wir annehmen, daß sie so überlernt sind, daß nur die Sprechgeschwindigkeit die Dauer des Hersagens bestimmt. Das Hersagen des Alphabets nahm nur zwischen 46 und 67 Prozent der Lesezeit für die 20 ungeordneten Buchstaben in Anspruch (nur der kürzeste von jeweils vier Versuchen wurde gewertet). Der Fehler bei der Zeitabnahme durch das Nachhinken des Sprechens hinter der Apperzeptionsleistung wird dadurch ausgeglichen, daß die Stoppuhr mit Ertönen des ersten Lautes in Gang gesetzt und erst beim Ausklingen des letzten Lautes angehalten wurde.

Da Störeinflüsse stark reduziert waren und die Sprechdauer keinen wesentlichen Einfluß haben konnte, halten wir die Lesedauer einer Zeile für ein Maß der SZQ-Länge: je kürzer die Lesedauer, desto kürzer das SZQ.

Aus drei Gründen können wir annehmen, daß die Lesegeschwindigkeit ein relativ gutes Maß der Apperzeptionsgeschwindigkeit (gemessen in SZQ/sec) ist:

1) In einem anderen Versuch waren Still- und Lautlesezeiten von Buchstaben pro Person — von einem Meßfehler abgesehen — gleich (S. Lehrl, H. Erzigkeit u. V.J. Galster, 1975).
2) Introspektiv beobachtet wird das Bewußtsein nur von dem Versuch, die Buchstaben zu erkennen, ausgefüllt.
3) Wie oben schon kurz erläutert, ist das Buchstabenlesen in unserer Kultur so stark überlernt, daß alle der Apperzeption nachgeschalteten Vorgänge automatisiert sein müßten.

Als Intelligenzmaß diente ein Test des passiven Wortschatzes, dessen Zusammenhang mit dem allgemeinen Intelligenzniveau mehrfach belegt ist (S. Lehrl, J. Merz, H. Erzigkeit u. V.J. Galster, 1974).

SZQ-Messung und Intelligenzprüfung waren ursprünglich als Kontrollvariablen bei dem Versuch abgenommen worden, Schweregrade der zyklothymen Depression zu erfassen. Dem gleichen Ziel dienten Kontrolluntersuchungen an Normalpersonen. Die im vorliegenden Aufsatz verfolgte Intention, Zusammenhänge zwischen SZQ und Intelligenz nachzuweisen, ist erst nach Abschluß der Untersuchung entstanden. Daher schätzen wir die Gefahr willentlicher oder unwillentlicher Beeinflussungen der Ergebnisse durch die Versuchsleiter (Rosenthal-Effekt) als gering ein.

Die Untersuchung war an 34 zyklothym depressiven Patienten und 18 psychiatrisch unauffälligen Personen (Normalpersonen) durchgeführt worden, deren Intelligenztestergebnisse (pro Stichprobe) auf dem 5-Prozent-Niveau nicht von der Normalverteilung abwichen.

Um wichtige mögliche Störvariablen unter Kontrolle zu bringen, interkorrelierten wir neben den Variablen „Intelligenz" und „SZQ" das Alter, das Geschlecht und die subjektive Einschätzung der Schwere der Befindlichkeitsstörung durch die Befindlichkeits-Skala (B-S) (D. von Zerssen, D.M. Koeller u. E.R. Rey, 1970).

2. *Versuchshypothesen*

Der in der Untersuchung durchgeführte Intelligenztest — er wird „MWT" genannt — mißt als Wortschatztest kristallisierte Intelligenz. Nach dem Konzept R.B. Cattells (1965) ist diese Intelligenz erlernt. In sie gehen menschliche Erfahrungen ein; sie ist kulturabhängig. Im Gegensatz dazu gilt die flüssige Intelligenz (R.B. Cattell, 1965) als weitgehend biologische Größe, deren Basisausstattung von der Gedächtnisspanne und der Schnelligkeit der psychischen Vorgänge maßgeblich abgedeckt wird (J.L. Horn, 1970). Nach Cattell beruht die Ausbildung der kristallisierten Intelligenz auf der vorwiegend ererbten

flüssigen Intelligenz und einer die geistige Entwicklung begünstigenden Umwelt. In Gesellschaften, wie der unsrigen, wo die Chancengleichheit besser als zum Beispiel in Entwicklungsländern gewährleistet ist, lassen sich Leistungsunterschiede in Tests für kristallisierte Intelligenz zu einem beträchtlichen Anteil auf Differenzen der (vorwiegend) ererbten flüssigen Intelligenz zurückführen. So wird erklärlich, daß Cattell bei Intelligenzuntersuchungen an Erwachsenen unserer westlichen Gesellschaften Korrelationen um r = 0.70 zwischen flüssiger und kristallisierter Intelligenz angibt (1965, S. 305). Auch R. Meili (1965) zitiert Korrelationen in dieser Größenordnung, z.B. zwischen dem Raven-Test (flüssige Intelligenz) und dem Binet-Simon-Test (großteils kristallisierte Intelligenz) r = 0.86.

Da wir aufgrund der bisherigen Befunde und Überlegungen einen Zusammenhang zwischen flüssiger und kristallisierter Intelligenz unterstellen können, erwarten wir eine negative Korrelation zwischen Lesedauer beim Buchstabenlesen und MWT-Rohpunktzahl für beide Versuchsgruppen. Die Korrelation soll sich signifikant von Null unterscheiden.

Sollten sich Alter, Geschlecht und Befindlichkeit als Störvariablen erweisen, wollen wir sie herauspartialisieren.

Wie verschiedene empirische Untersuchungen erbracht haben, liegen die Leistungen zyklothym depressiver Patienten in Verfahren mit größeren Anteilen flüssiger Intelligenz niedriger als in Tests mit hohen kristallisierten Intelligenzanteilen (H. Daun, 1973, E. Hifinger, 1974, H. Jakob, 1974, S. Lehrl, H. Daun u. R. Schmidt, 1971).

Da sich das SZQ vom Konzept her mehr mit der flüssigen als der kristallisierten Intelligenz überschneidet, nehmen wir an, daß die Lesezeiten der zyklothym depressiven Patienten länger als die der Normalpersonen sind. Hingegen erwarten wir einen viel geringeren Unterschied in der MWT-Leistung (kristallisiert).

3. *Ergebnisse*

(Die Berechnungen wurden auf der CD 3300 des Rechenzentrums der Universität Erlangen-Nürnberg durchgeführt.)

Die Interkorrelationen bei den 18 Normalpersonen sind in Bild 2 wiedergegeben:

	B-S	Alter	MWT	SZQ
Geschlecht	0.04	0.36	0.17	0.15
B-S		−0.52	−0.05	−0.11
Alter			0.25	0.39
MWT				−0.54

Bild 2: $r_{SZQ\text{-}MWT \cdot Alter} = -0.72$

Nur das Alter hat bemerkenswerte Zusammenhänge mit dem MWT und dem SZQ. Nach der Herauspartialisierung steigt die Korrelation zwischen MWT und SZQ auf r = −0.72. Diese Korrelation unterscheidet sich auf dem 1%-Niveau signifikant von Null.

Die Interkorrelationen bei den 34 zyklothym depressiven Patienten zeigt Bild 3.

	B-S	Alter	MWT	SZQ
Geschlecht	−0.10	−0.10	−0.17	−0.00
B-S		0.33	−0.16	0.21
Alter			−0.24	0.26
MWT				−0.57

Bild 3: $r_{SZQ\text{-}MWT \cdot Alter} = -0.54$
$r_{SZQ\text{-}MWT \cdot Alter \cdot B\text{-}S} = -0.52$

Alter und eventuell noch Befindlichkeit zeigen bemerkenswerte Zusammenhänge mit dem MWT und der Lesedauer. Die Herauspartialisierung des Alters verringert die Korrelation auf r = −0.54, die Herauspartialisierung der Befindlichkeit erniedrigt sie weiter auf r = −0.52. Beide Male unterscheiden sich die Korrelationen noch auf dem 1%-Niveau signifikant von Null.

18 depressive Patienten zeigen schlechtere, 2 gleiche und 14 bessere MWT-Leistungen als der Durchschnitt (Median) der *Normalpersonen* (31 Punkte = IQ 100).

In der Intelligenz-Verteilung, gemessen mit dem MWT, unterscheiden sich also Normalpersonen und zyklothym depressive Patienten praktisch nicht.

Für die SZQ-Messung (Lesedauer) ergibt sich als Median der Normalpersonen: 7.2 sec (= 13 bit/sec). Von den depressiven Patienten liegen 13 darunter, 1 gleich und 20 darüber. Diese Verteilung weicht nicht signifikant von der Gleichverteilung ab. Unsere Stichproben der Normalpersonen und der Patienten unterscheiden sich nicht erheblich in der Lesedauer der Buchstaben.

4. *Diskussion der Ergebnisse*

Die Ergebnisse bei den Versuchsgruppen bestätigen die Hypothese des Zusammenhanges zwischen Apperzeptionsgeschwindigkeit und kristallisierter Intelligenz. Die partielle Korrelation $r_{C_K\text{-}Intelligenz \cdot Alter} = -0.72$ bei den Normalpersonen ist sogar überraschend hoch. Bei den zyklothym depressiven Patienten liegt sie mit r = −0.54 deutlich niedriger. Teilweise erklärt dies sicherlich der durch die medikamentenbedingte Weitsichtigkeit herbeigeführte Reliabilitätsverlust der Meßverfahren.

Die Korrelation der Lesedauer mit den MWT-Ergebnissen liegt auf etwa dem gleichen Niveau wie die Korrelationen zwischen vielen bekannten Intelligenztesten (z.B. R. Göllner, 1971: $r_{IST\text{-}PMA} = 0.54$; R. Meili, 1965, S. 85: $r_{Binet\text{-}Simon - HAWIE\text{-}VT} = 0.80$, $r_{Binet\text{-}Simon - HAWIE\text{-}HT} = 0.67$; S. 89: $r_{AIT - Binet\text{-}Simon} = 0.60$ bis 0.69; $r_{AIT\text{-}IST} = 0.81$; R. Weiss, 1971: $r_{CFT\text{-}MDA} = 0.51$; $r_{CFT\text{-}IST} = 0.68$; $r_{CFT\text{-}PSB} = 0.66$; C. G. Liungman, 1973, S. 43: $r_{Goodenough - Stanford\text{-}Binet} = 0.40$ bis 0.80; S. 45: $r_{Davis\text{-}Ellis - Stanford\text{-}Binet} = 0.50$).

Nach den vorausgegangenen Überlegungen würden wir zwischen der Apperzeptionsgeschwindigkeit und der flüssigen Intelligenz noch engere Zusammenhänge als mit der kristallisierten Intelligenz erwarten.

flüssigen Intelligenz und einer die geistige Entwicklung begünstigenden Umwelt. In Gesellschaften, wie der unsrigen, wo die Chancengleichheit besser als zum Beispiel in Entwicklungsländern gewährleistet ist, lassen sich Leistungsunterschiede in Tests für kristallisierte Intelligenz zu einem beträchtlichen Anteil auf Differenzen der (vorwiegend) ererbten flüssigen Intelligenz zurückführen. So wird erklärlich, daß Cattell bei Intelligenzuntersuchungen an Erwachsenen unserer westlichen Gesellschaften Korrelationen um $r = 0.70$ zwischen flüssiger und kristallisierter Intelligenz angibt (1965, S. 305). Auch R. Meili (1965) zitiert Korrelationen in dieser Größenordnung, z.B. zwischen dem Raven-Test (flüssige Intelligenz) und dem Binet-Simon-Test (großteils kristallisierte Intelligenz) $r = 0.86$.

Da wir aufgrund der bisherigen Befunde und Überlegungen einen Zusammenhang zwischen flüssiger und kristallisierter Intelligenz unterstellen können, erwarten wir eine negative Korrelation zwischen Lesedauer beim Buchstabenlesen und MWT-Rohpunktzahl für beide Versuchsgruppen. Die Korrelation soll sich signifikant von Null unterscheiden.

Sollten sich Alter, Geschlecht und Befindlichkeit als Störvariablen erweisen, wollen wir sie herauspartialisieren.

Wie verschiedene empirische Untersuchungen erbracht haben, liegen die Leistungen zyklothym depressiver Patienten in Verfahren mit größeren Anteilen flüssiger Intelligenz niedriger als in Tests mit hohen kristallisierten Intelligenzanteilen (H. Daun, 1973, E. Hifinger, 1974, H. Jakob, 1974, S. Lehrl, H. Daun u. R. Schmidt, 1971).

Da sich das SZQ vom Konzept her mehr mit der flüssigen als der kristallisierten Intelligenz überschneidet, nehmen wir an, daß die Lesezeiten der zyklothym depressiven Patienten länger als die der Normalpersonen sind. Hingegen erwarten wir einen viel geringeren Unterschied in der MWT-Leistung (kristallisiert).

3. *Ergebnisse*

(Die Berechnungen wurden auf der CD 3300 des Rechenzentrums der Universität Erlangen-Nürnberg durchgeführt.)

Die Interkorrelationen bei den 18 Normalpersonen sind in Bild 2 wiedergegeben:

	B-S	Alter	MWT	SZQ
Geschlecht	0.04	0.36	0.17	0.15
B-S		−0.52	−0.05	−0.11
Alter			0.25	0.39
MWT				−0.54

Bild 2: $r_{SZQ\text{-}MWT \cdot Alter} = -0.72$

Nur das Alter hat bemerkenswerte Zusammenhänge mit dem MWT und dem SZQ. Nach der Herauspartialisierung steigt die Korrelation zwischen MWT und SZQ auf $r = -0.72$. Diese Korrelation unterscheidet sich auf dem 1%-Niveau signifikant von Null.

Die Interkorrelationen bei den 34 zyklothym depressiven Patienten zeigt Bild 3.

	B-S	Alter	MWT	SZQ
Geschlecht	−0.10	−0.10	−0.17	−0.00
B-S		0.33	−0.16	0.21
Alter			−0.24	0.26
MWT				−0.57

Bild 3: $r_{SZQ\text{-}MWT \cdot Alter} = -0.54$

$r_{SZQ\text{-}MWT \cdot Alter \cdot B\text{-}S} = -0.52$

Alter und eventuell noch Befindlichkeit zeigen bemerkenswerte Zusammenhänge mit dem MWT und der Lesedauer. Die Herauspartialisierung des Alters verringert die Korrelation auf $r = -0.54$, die Herauspartialisierung der Befindlichkeit erniedrigt sie weiter auf $r = -0.52$. Beide Male unterscheiden sich die Korrelationen noch auf dem 1%-Niveau signifikant von Null.

18 depressive Patienten zeigen schlechtere, 2 gleiche und 14 bessere MWT-Leistungen als der Durchschnitt (Median) der *Normalpersonen* (31 Punkte = IQ 100).

In der Intelligenz-Verteilung, gemessen mit dem MWT, unterscheiden sich also Normalpersonen und zyklothym depressive Patienten praktisch nicht.

Für die SZQ-Messung (Lesedauer) ergibt sich als Median der Normalpersonen: 7.2 sec (= 13 bit/sec). Von den depressiven Patienten liegen 13 darunter, 1 gleich und 20 darüber. Diese Verteilung weicht nicht signifikant von der Gleichverteilung ab. Unsere Stichproben der Normalpersonen und der Patienten unterscheiden sich nicht erheblich in der Lesedauer der Buchstaben.

4. *Diskussion der Ergebnisse*

Die Ergebnisse bei den Versuchsgruppen bestätigen die Hypothese des Zusammenhanges zwischen Apperzeptionsgeschwindigkeit und kristallisierter Intelligenz. Die partielle Korrelation $r_{C_K\text{-}Intelligenz \cdot Alter} = -0.72$ bei den Normalpersonen ist sogar überraschend hoch. Bei den zyklothym depressiven Patienten liegt sie mit $r = -0.54$ deutlich niedriger. Teilweise erklärt dies sicherlich der durch die medikamentenbedingte Weitsichtigkeit herbeigeführte Reliabilitätsverlust der Meßverfahren.

Die Korrelation der Lesedauer mit den MWT-Ergebnissen liegt auf etwa dem gleichen Niveau wie die Korrelationen zwischen vielen bekannten Intelligenztesten (z.B. R. Göllner, 1971: $r_{IST\text{-}PMA} = 0.54$; R. Meili, 1965, S. 85: $r_{Binet\text{-}Simon\ -\ HAWIE\text{-}VT} = 0.80$, $r_{Binet\text{-}Simon\ -\ HAWIE\text{-}HT} = 0.67$; S. 89: $r_{AIT\ -\ Binet\text{-}Simon} = 0.60$ bis 0.69; $r_{AIT\text{-}IST} = 0.81$; R. Weiss, 1971: $r_{CFT\text{-}MDA} = 0.51$; $r_{CFT\text{-}IST} = 0.68$; $r_{CFT\text{-}PSB} = 0.66$; C. G. Liungman, 1973, S. 43: $r_{Goodenough\ -\ Stanford\text{-}Binet} = 0.40$ bis 0.80; S. 45: $r_{Davis\text{-}Ellis\ -\ Stanford\text{-}Binet} = 0.50$).

Nach den vorausgegangenen Überlegungen würden wir zwischen der Apperzeptionsgeschwindigkeit und der flüssigen Intelligenz noch engere Zusammenhänge als mit der kristallisierten Intelligenz erwarten.

Da Tests für flüssige Intelligenz anfälliger als solche für kristallisierte gegenüber psychischen Störungen sind (s.o.), sollten die Leistungsunterschiede zwischen den zyklothym depressiven Patienten und den Normalpersonen im MWT nicht so groß wie im Buchstabenlesen sein. Diese Hypothese ist falsifiziert. Das Versuchsergebnis findet dafür seine Erklärung in der Aussage von H.H. Wieck (1967, S. 206): „Die Hemmung [der zyklothymen Depression] ist nicht einfach eine Verlangsamung des Erlebnisablaufs ..., sondern sie betrifft den Inhalt des Erlebens." Leistungsminderungen, wie sie auch in den viel Konzentration erfordernden, 20 und mehr Minuten in Anspruch nehmenden Tests mit hohen flüssigen Intelligenzanteilen registriert werden, erklären H. Lutz und H.H. Wieck (1969) dadurch, daß sich die Erlebnisse gehemmt depressiver Personen inhaltlich auf eines oder wenige Themen einengen, weshalb die Aufmerksamkeit nur mit großer Anstrengung auf die Testbewältigung gerichtet werden kann. Nach relativ kurzer Zeit wandert sie davon ab. Bei extrem kurzen Meßverfahren, wie dem gewöhnlich nur 5 bis 10 Sekunden dauernden Lautleseversuch, machen sich die Hemmungen noch nicht störend bemerkbar.

Wegen des Zusammenhanges zwischen Apperzeptionsgeschwindigkeit und flüssiger Intelligenz stellen wir aufgrund der Versuchsergebnisse die Hypothese auf, daß sich die flüssige Intelligenz nicht durch zyklothym depressive Phasen verändert. Diese Annahme wird implicite durch die Tatsache bestätigt, daß psychiatrische Lehrbücher Intelligenzveränderungen bei zyklothymen Depressionen gar nicht behandeln, wahrscheinlich, weil der Psychiater aus dem klinischen Bild und aus seinen Theorien keine Anhaltspunkte dafür findet.

III. Kurzspeicher und Intelligenz

Wir halten es für erfolgversprechend, die Apperzeptionsgeschwindigkeit als einen Grundbaustein der Intelligenz zu konzipieren und im Verbund mit anderen Elementen der Informationspsychologie den Versuch zu wagen, den vorwissenschaftlichen Gebrauchsprädikator „Intelligenz" zu rekonstruieren.

Der wissenschaftlichen Mitteilbarkeit – auch introspektiv dem Verstehen – am dienlichsten sind nach Ansicht der konstruktivistischen Richtung der Wissenschaftstheorie (W. Kamlah u. P. Lorenzen, 1967, P. Lorenzen u. O. Schwemmer, 1973) sprachliche Rekonstruktionen aus möglichst klar umrissenen Elementen und nicht – wie zum Beispiel in der faktorenanalytischen Intelligenzforschung gepflogen – analytische Destruktionen komplexer Phänomene.

1. *Apperzeptionsgeschwindigkeit als Intelligenzkomponente: Eigenschaften, Vorzüge*

Gegenüber dem komplexen Intelligenzbegriff besitzt der Begriff der Apperzeptionsgeschwindigkeit mehrere Besonderheiten:

1) Er ist enger gefaßt und schärfer umrissen.
2) Er ist auf einem höheren, nämlich dem Absolutskalen-Niveau konzipiert und meßbar (S. Lehrl, H. Erzigkeit u. V.J. Galster, 1975).

H O M O K A J I N F O R M O

Komuna resumaro de diverslingvaj sciencaj revuoj

Partoprenas ĝis nun :

Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft (GrKG), Schroedel, D-3 Hannover-Döhren, Postfach 260620 (F. R. Germanujo)

Lenguaje y Ciencias, Universidad Nacional de Trujillo (Peruo)

Revista de Pedagogia Cibernetica e Instruccion Programada Universidad Nacional de Trujillo (Peruo)

Sirkulare de Intal, E. Weferling, Jasper-Allee 72, D-33 Braunschweig, (F. R. Germanujo)

Tudományos é műszaki tájékoztatás, Budapest VIII, Reviczky utca 6 (Hungarujo)

Bulletin de UCODI, Centre Imago, Celestijnenlaan 200 c, 3030 Heverlee, (Belgujo)

Információ-Elektronika, Statisztikaj Kiadó c/o T. Vasko, H-1181 Budapest, Hosszúház u. 23 (Hungarujo)

Audiovisualis, Közlemenyek, Budapest VIII, Reviczky u. 6 (Hungarujo)

Kajero 2
Jaro 1975

Redakcio :
Institut für Kybernetik
S-rino B. Frank-Böhringer
D-479 Paderborn
Riemekestraße 62
F. R. Germanujo

La resumoj estas skribitaj de la aŭtoroj mem kaj tradukitaj poste

TARNÓCZI, Lóránt: A forditógép tündöklése és bukása (Gloro kaj disfalo de la traduk-maŝino; el Tudományos és Műszaki Tájékoztatás, jarkolekto 16 (1973), p. 329 - 343.)

La aŭtoro analizas la kazojn por la ascendo kaj descendo de la esploradoj rilate la mekanizadon de la traduk-laboro. Li opinias, ke el lingva vidpunkto la maŝintraduko ne estas bona. Kaj eĉ, se sukceso montriĝas, ĝi ne estas ekonomika. Anstataŭ krei la mankantajn maŝin-operatorojn, program-matematikistojn, logikistojn, teori-filologojn kaj terminologiajn ekspertojn, estus laŭ li pli racie kaj

praktike, trejni en organizita formo tradukistojn por pliàltigi kvanton kaj kvaliton de tradukoj.

Adreso de la autoro: c/o Tudományos és Müszaki Tájékoztatás, H-1428 Budapest VIII Reviczky utca 6.

Esperanto-traduko de H. Behrmann, 479 Paderborn.

SIMONS, Dirk: Lehrweggenerierung mit Methoden der Dynamischen Optimierung (Instruvoj-generado per metodoj de la dinama optimado) en GrKG 15/1, 1974, S. 27 - 30

Ĉe la instruado de "kohera" instruaĵo la vic-ordo de la instruaĵeroj estas grava, ĉar iel difinita lernpeno (ekzemple la lerntempo) por certe instruaĵ-ero dependas de tio, kio estas jam lernita, t. e. de la lernstato. Estas trovenda tia instruaĵ-vicordo, ke la suma lernpeno minimumiĝas. Ĉe k instruaĵeroj estu prezentita iu ebla lernstato per vorto de la longo k super $\{0, 1\}$. La cifero 1 en la loko i, $1 \leq i \leq k$, signifas, ke la i-a instruaĵero estas lernita, la cifero O signifas la kontraŭon. Por eblaj lernstato-transiroj estas indikenda nun iu lernpeno. En tiel mezurata statospaco oni povas nun trovi optimuman instruvojon helpe de la dinama optimado. Oni verkis komputil-programon (FORTRAN) kaj trakalkulis ekzemplon por 4 elementoj (instruaĵeroj).

Adreso de la aŭtoro: Dirk Simons, Institut für Kybernetische Pädagogik, FEOLL, 479 Paderborn, Rathenaustr. 69-71

Esperanto-traduko de H. Behrmann, Paderborn.

VARGA, Dénes: Mi az igazság a gépi fordítás körül (Kio estas la vero pri la maŝin-traduko?) el Tudományos és Műszaki Tájékoztatás, jarkol. 16 (1973), p. 343 - 358.

Komparante kun la eldiroj de L. TARNÓCZI pri la kompleta senespereco de la maŝin-tradukado, la aŭtoro prezentas la fakte akiritajn rezultojn de la esplorado kaj la perspektivojn de la estonta esplora laboro. Li priskribas la gravecon de la modelado en la ekkonado de la kompleksaj procedoj, speciale sub konsidero de la progresoj en la evoluado de la kiberneta lingvistiko. La akcentas la gravecon de la tekst-analizo el la vidpunkto de la mekanizado de la dokumentado. Li detale pridiskutas la aspektojn de la ekonomiko determinate laŭ la signifo la hodiaŭ funkciantajn (ĉefe sintaksajn) maŝin-traduk-sistemojn kaj la longdaŭrajn (ĉefe semantikajn) evolu-planojn.

Adreso de la aŭtoro: c/o Tudományos és Müszaki Tájékoztatás, H-1428 Budapest VIII Reviczky utca 6

Esperanto-traduko de H. Behrmann, 479 Paderborn.

LE INTERNATIONAL LINGUE INTAL

1) Alfabet: Latin literes sin supersignes.

2) Ortografi: fonologik: un son - un signe, un fonem - un litere. Vise c es uzat k o s segun pronunsiation in le angli e fransi lingue. Vise q e uzat kv, vise x ks. (Q e x es uzat nur in stranjeri propri nomes. (Abreviations por lingues: A = angli, F = fransi, G = germani, H = hispani, I = italiani, R = rusi.)

3) Pronunsiation: Vokales: a, e, i, o, u = G e I.
Konsonantes:
c = A sh, F ch, G sch (celo, cek, cak, Cina)
g = G (garde, gran)
j = F (jurnal)
s = ss (si, som, interesant)
t semper t (ambi t in "international" es egal)
v = A, F (vaze, voto)
w = A (west, wist, wolfram)
y = A (yes, yar)
z = A,F (zero, roze)

4) Aksento (emfaze): Cef-regul: Aksento es sur le vokal ante le lasti konsonant: table, patro, hotel, radio, lingue. Plural-s non canja l'aksento: tables, glases. In le vokal-kombinations (diftonges) le prim vokal porta le emfaze: au, eu, ai : auto, Europa, prais.
Som pok eksceptions: Le finales -bil, -ed, -er, -ik, -im, -or, -ud, -ul -um es non-aksentat. L'aksento es sur le presedant silab.: lektabil, doned, inter, fumer, elektrik, talim, direktor, esud, regul, nulum. In pok vortes es le aksento sur le final-vokal: idé, dinê, moné, tabú, armé, rezumé, alé, geografí. Ti vortes es markizat per un skriptat Aksento-signe, ma nur in vortelibres e lernolibres. In normal tekstes on skripta regularim sin ti aksento-signe: ide, tabu, geografi.

5) Artikul: le, un.

6) Substantive: nul uniformi dezinens. Ordinari finale: -e : table, libre, lampe, sentrale. Ti finale es omisabil, si le pronunsiation es fasil: natur(e), form(e), glas(e), stat(e).
Vivant entes: Seksu maskulin: -o, feminin -a: filio, filia, filie, patro, matra, bove, bovo, bova.
Verbal substantives: aktion: -o: volo, kredo, nivo, hamro.
konkretum: -e: nive, hamre, plante.
Eksceptions: Som substantives fina per altri vokales o per konsonantes: sofa, manu, portu, filologi, hotel, alkohol, tabak, kaviar, tarif, virus.
Plural-signe: -s, -es: libres, sofas, glases, rozes, nations.
Deklination: genitive: de, del, dative: a, al.

7) Adjektive: Finale -i (omisabil): simpli, mikri, bon(i), bel(i), gran(i), nokti.

8) Adverbe: -im: simplim, bonim, privatim, noktim.
Kompozat adverbes per - mod, -di, -kaz, -lok, -temp, -vez, -grad, -klok: altrimod, nulkaz, nultemp, somgrad.

9) Numerales:
a) kardinal: nul un du tri kvar kvin seks sep, ok nin
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
des sent mil
10 100 1000
Eksemples: 11 desun, 12 desdu, 20 dudes,
30 trides, 325 trisent dudes kvin.
b) ordinal: -ti: unti = primi, duti = sekundi, triti, tritim.
c) fraktional: -im: unim, duim 1/2 un duim, 3/4 tri kvarim.
d) desimal: 0,25 nul koma du kvin.

10) Pronomes:
a) personal: me, tu, vu, il(o), el(a), ol, it, nos, vus, les.
generalizant: on; reflektiv: se.
b) posesiv: mi, tui, vui, su(i) (ilsu ets.) nosi, vusi, lesi
c) demonstrativ: ti (tie, tio, tia); tis; koze: to.
d) interogativ: kel, kval, ki; koze: ko.
e) relativ: = interogativ.
f) nondefinit pronomes fi derivat fro sekvanti adjektives:
som, eni, mani, serten, altri, omni, cak, nul, self, mult,
pok, plur, sam, singul, ambi, seteri. Por derivation de
pronomes serva sekvanti dezinenses: person: -e, -o, -a:
some, ene, nule, omnes; - koze: -um: somum, nulum, omnum.
plura: omnes, altres.
g) altri pronomes: abstrakti: lo = "to ko es": lo bon = le bonum
me sava lo (G Ich weiß es); generalizant: ever: ki ever,
ko ever; resiproki: mutu = mutualim, le une le altre: Les
parla kon mutu.

11) Verbe:
Infinitive: -a(r): vida, vidar, studia(r), solua(r).
Prezentum: -a : me vida
Pasatum: -ed o: did: il sended o il did senda
Futurum: ve: il ve senda
Konditionalum: vud: il vud senda
Perfektum: ha: il ha senda
" pasati: had: il had senda
" futuri: ve ha: il ve ha senda
" kondit. vud ha: il vud ha senda
Imperative: -u o: radike sin finale: esu! stopu! stop!
Partisip prezenti: -ant: me es skriptant.
Partisip pasivi: -at le letre es skriptat, studiat.

Pasivum-konjugation: du formes segun Jespersen:
statu: es: Le porte es klozat dum le tot nokte.
aktion: fi: Le porte fi klozat cak vespre.
Auksiliari verbes es monosilabik: did, ve, vud, ha, had, fi,
fid, pot, vol, dev, mus, darf, mey, let, las.

12) Prepozitions star nonmediat avan lesi komplement.

13) Sintaks: Le pozition del vortes in le satse es generalim tre
liber. Ma le regulari ordin es: subjekt - verbe - objekt:
Le matra senda un letre a su filio. In inversion on pot
uza le fakultativi akuzativ-partikul -em: Me vu-em danka =
me danka vu. Ki-em elekta? (G: Wen wählen?), Ko-em far?
(G: Was tun?) - Kvestions: Alternativ-kvestions on forma per
le partikul "ka": Ka tu konosa ti viro? - Ve tu vena? - Kvan
tu ve ariva?

14) Vort-formation es posibil per dezinenses, prefikses,
sufikses e per kompozition.
a) Dezinenses:
Substantive: -e, plusim -o, -a, -um, -í (v. § 6, 7, 16).
Adjektive: -i (§ 7)
Adverbe: -im (§ 8)
Verbe: -a, plusim -ar, -ed, -ant, -at, -u (§ 11).
b) Prefikses:
anti- (kontra): anti-alkoholiker,
arki- (alti gradu): arki-episkop
bo- (parenteso par mariteso): bo-patro, bo-filia
des- (kontrarie): desfasil, desinfekta
dis- (separation, dispersion): disdonar, dissendar
eks- (ansien): eksimperator, eksprezident
ho- (sam tempor): hodi, homatin, hovespre
ko- (kon, komun): kolabora, koeksistens
mis- (falsi, nonkonveniant): miskomprenda, misuza
neks- (sekvanti): neksdi, neksmensu
non- (negation): nonutil, nonsens
om- (far ankorvez, ma altrimod): omlabora, omforma
pre- (ante, avan): prehistorik, prelasti, pre-urbe
retro-(retromovo): retrosendar, retrovadar
ri- (iterar, denovim): ri-venar, rividar
sin- (manko): sin-armi, sin-movi
stif- (parenteso per duti mariteso): stif-matra
c) Sufikses:
-abil (pasivi posibilitê): lektâbil, vidâbil
-atc (pejorativ, desprizanti): populatce, domatce
-ad (duro o repetition de un aktion): frapada, frapado
-aje (koze segun spesie de): plantaje, lanaje, infantaje
- al (forma adjektives = relatant ad...): natural,
national, international, lingual, teknikal
-an (membre , habiter): amerikano, akademiano, urbanes
-ans (forma abstrakti substantives): tolerans, distans
-ari (konform a, apti por): regulari, populari
-arie (person por kel un koze es destinat e som pro-
fesiones): sendarie, payarie, sekretario
-aro (kolektion de, grupe de): vokabularo, homaro
formularo
-asi (inklination, hav le tendens): mordasi, laborasi
-atri (simil): sponjatri, bluatri, metalatri
-ede (serten kvantum in): glasede, spunede, bokede
-endi (ko dev fi): soluendi, payendi
-ens (forma abstraktivi substantives): esens, eksistens
-ent (person karakterizat par un funktion): prezident,
disident, dosent, korespondent
-er (profesion, funktion): kanter, baker, fumer
-erie (institut, entreprezo): printerie, editerie, bakeri
-eso (eso, statu): yuneso, maladeso, alteso, parenteso
-esk (devenar, komensar): redeska, videska, dormieska
-et (diminutiv): librete, montete, domete, varmeti,
rideta
-í (som sienses ets.): filologí, astronomí, fotografí
-ia (landnom, teritoria): Germania, Italia, patria

-id (desendante): Israelido, latinidi
-iere (portant o kontenant somum o person karakterizat par somum): pomiere, inkiere, rentiero
-ifik (fika, kauza): simplifika, unifikation, dormifikar
-ik (adjektive, = tam esant): elektrik, geologik, fizik
-ike (sienses ets.): fizike, teknike, kritike, gramatike
-ilio -inia (karesiv): fratilio, matrinia
-ilo (utensile, instrument): ludilo, skriptilo, komunikilo
-indi (digni, valorozi): amindi, lektindi, vidindi
-ion (aktion, statu, rezultate): instruktion, diskusion, eksplozion; -at-, -t-: formation, definition, solution
-ira (forma verbes ek substantives kel indika vivant entes): regira, profetira, filozofira
-isi (tre alti gradu): belisi, varmisi, fortisi, fortisim
-isme (doktrin, sistem, movement): naturalisme, sosialisme
-ist (profesion, sistem-adhezante): linguist, dentist, polisist, komersisto, jurnalista, sosialistes
-ité (kvalité): regularité, simplité, liberité
-iv (apti, kapabil): aktiv, instruktiv, kursiv, nosiv; -at-, -t-: demonstrativ, definitiv
-iz (far, fika, provizar per): elektriza, realiza, armiza
-ment (aktion, rezultate, servant kom): eksperiment, movemen ornament, nutriment, abonament, medikament, fundament
-on (augmentativ): ridono, libron; stulon(e), balon
-or (person o macine): revizor, redaktor,; -at-: akumulator
-ori (servant por): iluzori, provizori, obligatori
-oz (havant, plen de): poroz(i), lumozi, danjeroz
-torie (loke): laboratorie, auditorie, sanatorie, krematorie
-um (koze, neutrum, lingues) malum, bonum, nulum, omnum, printatum, anglum, germanum, rusum
-un (singul eksemplare): sablun, grelun, skalun
-ur (produkte, rezultate): kreatur, piktur, reparatur
-yun (yun ente): bovyun, kavalyun, hanyun

d) Kompozition de vortes: skriptomacine, parteprenda, sielblu blu-ókuli, mondelingue. Ligo-vokal es oft -o-: elektromotor aeroplan.

e) Vortes kel on non pot deriva per ti sistem de afikses es adoptat kom radikes in le vortelibre, p. eks.: vizion, televizion, definit, monokromi, sekretariat, hipertrofi, anakronisme, kamping.

General information pri le planlingue INTAL

INTAL (INTernational Auksiliari Lingue) es un eksperiment del unifikation del diversi mondelingual sistems. Ultra to INTAL dev prepara le optimal form del futuri interlingue per konstanti perfektion. - INTAL aspira maks gran simplité e regularité, kurteso del vortes e uza le maks international vokabularo del natural europani lingues. Intal realiza fonologikal ortografi per simpli latin literes.

Spesial vortelibres de INTAL non eksista. To es ank non nesesi, pro ke de altri planlingues ya eksista international vortelibres. Ti vokabularos on pot uza kon le formes propozat in le gramatike de INTAL.

STANDARD-GRAMATIKE DEL INTERNATIONAL AUKSILIARI LINGUE, 36 pagins, 7-ti meliorat edition 1975.

Autor e self-editerie: Erich Weferling, Jasperallee 72 D-33 Braunschweig, Fed.Rep.Germania.

WISE, Mary Ruth: Conceptos tagmémicos sobre la integración del lenguaje y su contexto sociocultural (Tagmemaj konceptoj pri la interligo inter lingvo kaj ĝia socikultura kunteksto) el: Lenguaje y Ciencias, 14 / 4, (1974), p. 2o2

Post ekzemploj pri la nedisigeblo de lingvaj kaj nelingvaj sinten-manieroj oni diskutas lingvistikajn baz-unuojn kiel kunmetaĵojn el formo kaj enhavo. Leksemaj, gramatikaj kaj fonetikaj aspektoj de la formo parte koincidas kun fonto kaj signifo de signo (= referendumo), la vidpunkto de la observanto kaj la socikultura kadro, kiuj estas la enhavaj aspektoj.
Kontrastoj inter "etic" kaj "emic" rilatiĝas al la starpunkto de la eksterna observanto kontraste al la natura reago. Kaj verbala kaj neverbala sinteno estas strukturita trioble: diferenc-pliakrigoj, paroladoj (informado, anoncado) kaj distribuado. Kiel alia utila nocio en la studado de lingvo en ĝia socikultura kadro oni diskutas la "tagmemon" kiel rilaton inter funkcio kaj klaso.

Adreso de la aŭtoro: c/o Dep. de Idiomas y Lingüística, Universidad Nacional de Trujillo/Peru, Apartado 315.
Esperanto-traduko de Hermann Behrmann, Paderborn.

GEISLER, Evelyn: Zur Entwicklung eines Meßverfahrens zur Standortbestimmung im Wertedreieck (Rilate la evoluigon de mezur-procedo por la starpunkto-determino en la valoraĵ-triangulo), en: GrKG 15/4, 1974, p. 117-123.

La valoraĵ-triangulo prezentita de FRANK (1971) permesas enordigi normece -ideologiajn starpunktojn (starlokojn) en tri-polusan skemon. Por determini la starpunktojn de 28 eksperiment-personojn, oni starigis teston konsistantan el po 5 testsimilajn postulojn rilate la fundamentajn valoraĵojn "Libreco" (F), "Egaleco" (G) kaj "Konservemeco" (H) kaj rilate la kontrastajn valoraĵojn $\bar{F}$, $\bar{G}$ kaj $\bar{H}$.
La tri plej ekstremaj eksperiment-personoj tuj poste indikis la gradon de plenumiteco de la unuopaj postuloj en FRG, Francio, Hispanio kaj Danlando. Per tio oni determinis la starpunktojn de tiuj landoj el la vidpunkto de la eksperiment-personoj kaj la ĉi-rilatajn sterno-terenojn.
Oni klare ekkonas, ke ĉiufoje kontrast-pliakriĝo efikas. La bona konanto el la unuopaj landoj devus esti kapabla, sufiĉe objektive plenumi per tiu testo la enordigon en la valoraĵ-triangulon.

Adreso de la aŭtoro: Institut für Kybernetische Pädagogik, FEoLL, D - 479 Paderborn, Rathenaustr. 69-71.
Esperanto-traduko de Hermann Behrmann, Paderborn.

BOŠNJAKOVIĆ, Branko: Theorie und Praxis der Kohärenzlänge (teorio kaj praktiko pri koherec-longo) en GrKG 16/1, 1975, p. 9-18.

La optimuma vicordo interne de koherecaj instruaĵoj estas grava didakte problemo. Sub tio vidpunkto oni esploris instrulibrojn pri teoria fiziko per grafeo-teoriaj kaj statistikaj metodoj. Surbaze de tiu empiria analizo oni povis montri, ke la logikaj antaŭkondiĉaj elementoj de difinita instruaĵ-elemento A estas prezentitaj per alta probablo dum precize difinita distanco de la elemento A. Tiun distancon oni nomas koherec-longon kaj temas pri kvin instrupaŝoj, kio signifas tempan intervalon de proks. 2 horoj. La trovita koherec-longo laŭkvante harmonias kun informadteoria storomodelo de la memoro. Plue ĝi estas bazo por la aŭtomata produktado de optimumaj instruvojoj.

Adreso de la aŭtoro: Dr. B. B., Les Grangettes, CH-1299 Commugny VD.

Espernato-traduko de Hermann Behrmann, Paderborn.

LAMBERT, Claus: Zur Stabilität des zwischensprachlichen Informationsaustausches eines wissenschaftlichen Fachgebietes (Rilate la stabilecon de interlingvaj informinteŝanĝoj en scienca faka tereno) en GrKG 16/1, p. 19 - 22, 1975.

La informfluo interne de la tereno de programita instruado prezentiĝas kiel kompleksa sistemo. La sinteno de la diversaj subsistemoj disigitaj unu de la alia pro sia lingvo, decidas pri la eblaj diversaj statoj de la kompletsistemo. Ĉefe oni klarigas la demandon pri stabileco. Pro tio oni elkalkulis la ajgen-valoraĵojn uzante model-hipotezojn kaj nombro-valoraĵojn, kiujn unuafoje prilaboris H. FRANK. Oni montras per tio, ke la traktita kompletsistemo sintenas stabile.

Adreso de la aŭtoro: D-61 Darmstadt, Erbacher Str. 10

Esperanto-traduko de H. Behrmann, 479 Paderborn.

ATENTIGO POR LA AŬTOROJ

La leganto de via originala publikigaĵo memoros la postan tagon nur ankoraŭ parteton. La parteton, kiun vi taksas memorinda, formulu kiel vian resumon! Tiu-ĉi estu koncizaĵo de viaj novaj rezultoj - ne nur sciigo pri la problemoj solvitaj en la originala teksto ofte ne alirebla por la leganto!

La redakcio

3) Er läßt weniger sehr verschiedene Operationalisierungsmöglichkeiten zu.
4) Er ist als eine Variable in ein relativ einfaches System von Größen und deren Relationen integriert (Kurzspeichermodell von H. Frank, 1960a, 1970), welche ihrerseits die in den vorhergehenden Punkten dargestellten Vorzüge haben oder wenigstens vermuten lassen.

Wie die komplexe Intelligenz ist die Apperzeptionsgeschwindigkeit eine Größe mit den Attributen der generellen und universellen Gültigkeit (vgl. die Untersuchung von S. Lehrl, H. Erzigkeit u. V.J. Galster, 1975).

Andererseits ist das Konzept der Apperzeptionsgeschwindigkeit, die wir ja nur als Intelligenzkomponente auffassen, nicht so umfassend wie das der Intelligenz.

2. *Weitere Elemente des Kurzspeichers zur Rekonstruktion von Intelligenz*

Zusammenhänge zwischen der Kanalkapazität semantischer und pragmatischer Information einerseits und Intelligenz andererseits zu untersuchen, dürfte ein ergiebiges Forschungsunternehmen sein, das wesentlich zur Bildung klarer, d.h. besser kommunizierbarer Intelligenzkonzepte als bisher beitragen kann.

In diesem Kontext ist eine 1960(a) von H. Frank getroffene Vermutung interessant (S. 31): „R e a l i s a t i o n . Der Informationsabfluß aus dem Fluoreszensgedächtnis in den motorischen Kanal ... scheint desto rascher zu erfolgen, je höher die Intelligenz des Subjekts ist, ...". Wegen des auch von Frank so gesehenen engen Zusammenhanges zwischen pragmatischer Information und Realisation (1960c, S. 96) legen wir die zitierte Stelle als Erkenntnis einer Beziehung von Intelligenz und pragmatischer Information aus.

Die Gedächtnisspanne hält J.L. Horn (1970) neben der Schnelligkeit psychischer Prozesse für die wichtigste Komponente der flüssigen Intelligenz. Eine gewisse Bedeutungsüberschneidung zwischen Gedächtnisspanne und der Gegenwartsdauer, dem zweiten Faktor des Kurzspeichers, anzunehmen, ist sicherlich berechtigt. Für enge extensionale Zusammenhänge sprechen die von A.E. Whimby u. S. Leiblum (1967) gefundenen hohen Korrelationen zwischen drei verschiedenen Variablen des „short term memory", die teilweise denen gleichen, die H. Riedel (1967) als Maße der Gegenwartsdauer angibt. Auch ihre zeitliche Dauer bleibt in der gleichen Größenordnung um – je nach Alter – 4 bis 8 Sekunden. Wir denken hier besonders an die von H. Riedel (1967) durch eigene und Literaturstudien zusammengetragenen Werte der Gegenwartsdauer und an das Zahlennachsprechen vorwärts im HAWIE (D. Wechsler, 1956). Berücksichtigt man, daß die Gedächtnisspanne im HAWIE im Subtest „Zahlennachsprechen vorwärts" zur Intelligenzmessung verwendet wird, drängt sich die Frage auf, ob das Kurzspeichermodell von H. Frank (1960a, 1971) nicht nur vom theoretischen Ansatz her (intensional), sondern auch empirisch (extensional) das Konzept der flüssigen Intelligenz von R.B. Cattell (1965) und J.L. Horn (1970) großteils abdeckt.

Wir stellen einmal die zentralen theoretischen Aussagen zum Vergleich heraus:

1) Maßgeblich für die Basisausstattung der flüssigen Intelligenz sind Gedächtnisspanne und Schnelligkeit der psychischen Prozesse (J.L. Horn, 1970).

2) Der Kurzspeicher-Umfang ist gleich dem Zufluß zum Kurzspeicher mal der Gegenwartsdauer. Formal: $K = C_K \cdot T$ (H. Frank, 1960a, 1971).

Vom theoretischen Ansatz her ist das Kurzspeichermodell anspruchsvoller als die Quasidefinition der flüssigen Intelligenz. Im Kurzspeichermodell sind grundsätzlich alle Variablen und deren Beziehungen zueinander expliziert und einzeln empirisch auf dem Absolutskalenniveau prüfbar, selbst der Term „Kurzspeicher". Deshalb setzt sich dieses Modell leicht der empirischen Falsifizierbarkeit aus, was nach K.R. Popper (1935) seine theoretische Stärke bestimmt.

Die Konzeption der flüssigen Intelligenz ist wesentlich anspruchsloser, denn:

1) Das meßtheoretische Niveau der Variablen ist nicht festgelegt.
2) Es ist nicht geklärt, wie die flüssige Intelligenz unabhängig von der Gedächtnisspanne und der Schnelligkeit der psychischen Prozesse gemessen werden soll; daher mutet der Ausdruck „flüssige Intelligenz" nur als Definiendum an. Als solches hätte er keine gesonderte empirische Bedeutung.
3) Die „Schnelligkeit der psychischen Funktionen" ist selbst ein komplexer, theoretischer Term, dessen Operationalisierbarkeit entsprechend weit gefaßt ist.

Unseres Wissens haben wir die empirisch stärkste Quasidefinition der flüssigen Intelligenz ausgewählt, die H.J. Göppner (1973) aus dem umfangreichen Text J.L. Horns (1970) abstrahiert hat. Mit der Explikation von R.B. Cattell: „fluid intelligence [ist] eine allgemeine Fähigkeit, Relationen unabhängig von der Sinneswahrnehmung zu erkennen" (zit. nach R.H. Weiss, 1972, S. 19) läßt sich vom Standpunkt der empirischen Überprüfbarkeit schon wesentlich weniger anfangen.

Wir wollen jetzt den extensionalen Aspekt beider Aussagensysteme ins Auge fassen. Dazu setzen wir einmal – trotz einiger Mängel im Detail – orientierungshalber die Korrelationen der Apperzeptionsgeschwindigkeit mit der Intelligenz und des Zahlennachsprechen-Tests mit dem Gesamt-HAWIE (bei Erwachsenen $r \cong 0.59$: D. Wechsler, 1956) in das Kurzspeichermodell ein, so wird K durch $0.72^2 + 0.59^2 \cong 87$ Prozent – berücksichtigt man noch die Meßfehler – fast völlig abgedeckt. Der empirisch gegebene enge Zusammenhang von K und flüssiger Intelligenz läßt sich kaum leugnen. Beide Ausdrücke zielen allerdings sicherlich nicht auf den gleichen Begriff ab. Wir wissen jedoch nicht genau, in welcher theoretischen Beziehung sie zueinander stehen.

Wenden wir uns der praktischen Seite dieser Überlegungen und Befunde zu: Sollten die aufgefundenen Korrelationen in dieser Größenordnung bestätigt werden, ist die Erhebung der flüssigen Intelligenz über die Apperzeptionsgeschwindigkeit und Gegenwartsdauer oder Gedächtnisspanne wesentlich ökonomischer als mit bisherigen Verfahren, wie dem kulturfairen Intelligenztest CFT (R.H. Weiss, 1971, 1972), der speziell zur Messung der flüssigen Intelligenz entwickelt wurde, bei dem aber nicht bekannt ist, in welchem Verhältnis die Leistungen einer jeden Aufgabe von der Gedächtnisspanne oder der Schnelligkeit der psychischen Prozesse bestimmt werden. Der CFT ist mit 20minütiger Dauer noch einer der kürzesten Intelligenzteste, der wegen seiner relativ klaren Konzeption gegenüber

bisherigen Verfahren gewiß einen Fortschritt darstellt. Eine Kombination von Meßverfahren der Apperzeptionsgeschwindigkeit und der Gegenwartsdauer (oder stellvertretend nur Gedächtnisspanne) würde kaum mehr als fünf Minuten in Anspruch nehmen, und man wüßte gleichzeitig viel klarer als mit gängigen Intelligenzverfahren, was man mißt.

Auch der „Psychopathometrie" (H.H. Wieck, 1967), die sich mit Messungen in der Psychopathologie befaßt, kommen solche Verfahren gelegen, da sie zur Aufhellung von Syndromen, zur Syndromgenese (H.H. Wieck, 1973) mehr als komplexe Meßverfahren beitragen.

Inwieweit sich Intelligenzleistungen durch informationelles Akkomodieren (H. Frank, 1960c) oder Superzeichenbildung (F. von Cube, 1960, 1968) durch die Komponenten des Kurzspeichers erklären lassen und in welchem Ausmaß und welcher Wirkungsweise gesonderte Faktoren, wie ein Operationales Gedächtnis (E. Hollnagel, 1974), hinzukommen, wird präziser herausgearbeitet werden können, nachdem die Zusammenhänge zwischen den Elementen des Kurzspeichermodells und den gängigen Intelligenzkonzepten erschöpfender als bisher aufgeklärt sind.

Zusammenfassung

Es zeigten sich bedeutsame begriffliche und empirische Zusammenhänge zwischen Apperzeptionsgeschwindigkeit und Intelligenz. Die Aufmerksamkeit wurde besonders auf die Schnelligkeit psychischer Prozesse gerichtet, einer der wichtigsten Basiskomponenten der flüssigen Intelligenz. Deren andere grundlegende Komponente, die Gedächtnisspanne, hat intensionale und extensionale Gemeinsamkeiten mit dem zweiten Faktor des informationspsychologischen Kurzspeichermodells, der Gegenwartsdauer.

Die Konzeptionen des Kurzspeichers und der flüssigen Intelligenz überschneiden sich stark, ebenso die empirisch untersuchbaren Inhalte. Allerdings ist der Kurzspeicher begrifflich erheblich präziser und anspruchsvoller als die flüssige Intelligenz gefaßt. Außerdem lassen sich die in ihm behaupteten Beziehungen zwischen seinen Elementen leichter falsifizieren, was seine empirische Überprüfbarkeit erleichtert. Daher schlagen wir vor, das Konzept der flüssigen Intelligenz soweit wie möglich aus den Bestandteilen des Kurzspeichermodells zu rekonstruieren.

Schrifttum

Cattell, R.B.: The Scientific Analysis of Personality. Pelican Book, Harmondsworth, 1965

Daun, H.: Die Intelligenz bei psychopathometrischen Tests. In: H.H. Wieck (Hrsg.): Angewandte Psychopathometrie. Janssen, Düsseldorf, Bd. 8, 1973

Frank, H.: Über grundlegende Sätze der Informationspsychologie. Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaften 1, 1960a, S. 25–32

Frank, H.: Über eine informationspsychologische Maßbestimmung der semantischen und pragmatischen Information. Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaften 1, 1960b, S. 37–40

Frank, H.: Über das Intelligenzproblem in der Informationspsychologie. Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaften 1, 1960c, S. 85–96

Göllner, R.: Die Abhängigkeit der gemessenen Intelligenzhöhe von angewandten Testverfahren in der klinischen Psychologie. Z. Psychother. med. Psychol. 21, 1971, S. 147–151

Göppner, H.-J.: Sprache, Kognition, Emotion – ein Beitrag zu einer sprachexpliziten Psychologie. Dissertation Erlangen, 1973

Hifinger, E.: Zur Aussagekraft von Sprichwörtertests. Dissertation Erlangen, 1974
Hofstätter, P.R.: Differentielle Psychologie. Kröner, Stuttgart, 1971
Hollnagel, E.: Human information processing capacity in counting several things simultaneously. Scand. J. Psychol. 15, 1974, S. 43–49
Horn, J.L.: Organization of data of life-span development of human abilities. In: Goulet, L.H. u. P.B. Baltes (Hrsg.): Life-span development psychology. Academic Press, New York-London, 1970
Jakob, H.: Anwendung eines Bildergeschichtentests bei organischen, schizophrenen und zyklothymen Psychosen. Dissertation Erlangen, 1974
Kamlah, W. u. P. Lorenzen: Logische Propädeutik oder Vorschule des vernünftigen Redens. Bibliographisches Institut, Mannheim, 1967
Lehrl, S., H. Daun u. R. Schmidt: Eine Abwandlung des HAWIE-Wortschatztests als Kurztest zur Messung der Intelligenz Erwachsener. Arch.Psychiat.Nervenkr. 214, 1971, S. 353–364
Lehrl, S., J. Merz, H. Erzigkeit u. V.J. Galster: Der MWT-A – ein wiederholbarer Intelligenz-Kurztest, der weitgehend unabhängig von seelisch-geistigen Störungen ist. Nervenarzt 45, 1974, S. 364–369
Lehrl, S., H. Erzigkeit u. V.J. Galster: Messungen der Apperzeptionsgeschwindigkeit auf dem Absolutskalenniveau. Eine experimentelle Untersuchung. (Vorgelegt: GrKG 16, 1975)
Lehrl, S.: Subjektives Zeitquant und Intelligenz. Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaften 15, 1974, S. 91–96
Liungman, C.G.: Der Intelligenzkult. Eine Kritik des Intelligenzbegriffs und der IQ-Messung. Rowohlt, Reinbeck bei Hamburg, 1973
Lorenzen, P. u. O. Schwemmer: Konstruktive Logik, Ethik und Wissenschaftstheorie. Bibliographisches Institut, Mannheim-Wien-Zürich, 1973
Lutz, H. u. H.H. Wieck: Funktionspsychotische Antriebsstörung und zyklothyme Hemmung. In: Schulte, W. u. W. Mende (Hrsg.): Melancholie in Forschung, Klinik und Behandlung. Thieme, Stuttgart, 1969
Meili, R.: Lehrbuch der psychologischen Diagnostik. Huber, Bern-Stuttgart, 1965[5]
Popper, K.R.: Logik der Forschung. Springer, Wien, 1935
Riedel, H.: Psychostruktur. Schnelle, Quickborn, 1967
Roth, E.: Die Geschwindigkeit der Verarbeitung von Informationen und ihr Zusammenhang mit Intelligenz. Z. exp. angew. Psychol. 11, 1964, S. 616–623
Roth, E., W.D. Oswald u. K. Daumenlang: Intelligenz. Kohlhammer, Stuttgart, 1972
Teichner, W.H. u. M.J. Krebs: Law of Visual Choice Reaction Time. Psychol. Rev. 81, 1974, S. 75–98
von Cube, Felix: Der Begriff der Intelligenz in psychologischer und informationstheoretischer Sicht. Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaften 1, 1960, S. 56–61
von Cube, Felix: Kybernetische Grundlagen des Lernen und Lehrens. Klett, Stuttgart, 1968[2]
Wechsler, D.: Die Messung der Intelligenz Erwachsener. Huber, Bern-Stuttgart, 1956
Weiss, R.H.: Grundintelligenztest CFT 3 Skala 3. Westermann, Braunschweig, 1971
Weiss, R.H.: Grundintelligenztest CFT 2 Skala 2. Westermann, Braunschweig, 1972
Whimbey, A.E. u. S. Leiblum: Individual Differences in Memory Span with and without Activity intervening between Presentation and Recall. J. educ. Psychol. 58, 1967, S. 311–314
Wieck, H.H.: Lehrbuch der Psychiatrie. Schattauer, Stuttgart, 1967
Wieck, H.H.: Einleitung zur Psychopathometrie. In: Wieck, H.H. (Hrsg.): Angewandte Psychopathometrie. Janssen, Düsseldorf, Bd. 8, 1973
Zerssen, D. von, D.M. Koeller u. E.R. Rey: Die Befindlichkeitsskala (B-S) – ein einfaches Instrument zur Objektivierung von Befindlichkeitsstörungen, insbesondere im Rahmen von Längsschnittuntersuchungen. Arzneim.-Forsch. 7, 1970, S. 215–218

Die Arbeit wurde von der DGF unterstützt (AZ: Ki 196/1)
Eingegangen am 2. November 1974

Anschrift der Autoren: S. Lehrl, B. Straub und R. Straub, alle: Diplom-Psychologen der Universitäts-Nervenklinik, 852 Erlangen, Schwabachanlage 10

Beitrag zum Begriff der Komplexität

von Klaus KORNWACHS, Merzhausen und Walter VON LUCADOU, Freiburg

> „The step from a single macromolecule to a catalyc hypercycle or a 'living' cell is certainly less dramatic than the transition from a single cell to a selfconcious and intelligent human being." (Eigen, 1971)

Komplexität, Kompliziertheit und Struktur sind Eigenschaften, die Systemen und Gefügen zukommen. Definiert man ein System als eine Klasse von endlich vielen Elementen, die untereinander (auch kausal) verknüpft sind, so nennt man die Auflistung aller tatsächlichen Verbindungen Struktur des Systems. Dabei sollen Elemente als Abstraktionen realer Entitäten zur Annahme von endlich unterscheidbaren Zuständen zu verschiedenen Zeiten befähigt sein (Sachsse, 1971). Ein Wirkungsgefüge erster Art soll dann vorliegen, wenn die Überführungsfunktion des gesamten Gefüges aus dem Anfangszustand in den Endzustand als Argument nur die Zustände der Elemente hat. Ein Wirkungsgefüge zweiter Art soll dann vorliegen, wenn die Überführungsfunktion auch die Struktur zum Argument hat; das heißt, die Struktur kann sich dann bei jedem Takt eines sequentiellen Ablaufs des Gefüges ändern. Das Gefüge hat Geschichte.

Die Kompliziertheit eines Gefüges und damit auch eines Systems ist davon abhängig (Klaus, 1967), wieviele verschiedene Sorten von Elementen (logische Schalter, Verzögerungsglieder etc.) es beinhaltet. Gibt es ein universelles Element, so kann durch verschiedene Schaltung jede gewünschte Funktion gewonnen werden: Die Kompliziertheit geht gegen Null, die Komplexität steigt aber an.

Sicher ist ein Gehirn etwas komplexeres als ein Computer, doch geht die Anzahl der Elemente nicht linear in die Bestimmung des Komplexitätsgrades ein: Eine binäre Kette mit lauter Einsen hat mit wachsender Länge keine wachsende Komplexität.

Die black-box-Philosophie der Kybernetik mit der Folge der approximierenden Modelle versucht aufgrund des Verhaltens eines Gefüges seine Struktur zu ergründen, um weiteres Verhalten vorhersagen zu können, wenn die Überführungsfunktion nicht bekannt ist. Ein Maß für Komplexität kann dann nützlich werden. Es kann aber nicht die Überführungsfunktion mit als Argument haben, wenn diese nicht bekannt ist. Nach der Diskussion einiger Vorschläge zum Aufstellen eines Komplexitätsgrades sollen die Bedingungen diskutiert werden, die beim Schluß von der Struktur auf das Verhalten eine Rolle spielen.

1. *Definitionsversuche der Komplexität*

1.1 Man kann zwischen zwei Komplexitätsgraden unterscheiden (Moles, 1960). Voraussetzung ist, daß die individuellen Eigenschaften der einzelnen Elemente gegenüber ihrem Betrag zum Ganzen zurücktreten, was bedeutet, daß das Gefüge statistisch beschreibbar

ist. Andererseits ist eine statistische Beschreibung unumgänglich, wenn durch die Anzahl der Elemente wie der Verknüpfungen die Strukturbestimmung praktisch unmöglich wird. Ist N die Anzahl der Elemente und p_i die Wahrscheinlichkeit, daß die i-te Elementsorte auftritt, so ist die strukturelle Komplexität

$$C_s = -N \sum_n p_i \operatorname{ld} p_i \qquad \text{mit } n \text{ als der Anzahl der Elementsorten}$$

Wenn a_i die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Elementarakten (hier: bestimmte Sorte von Überführungsfunktion) ist, dann ist die funktionelle Komplexität

$$C_f = -N \sum_n a_i \operatorname{ld} a_i \qquad \text{mit } n \text{ als Anzahl der Aktsorten.}$$

Aus der Definition ist ersichtlich, daß die strukturelle Komplexität von Moles dem Begriff der Kompliziertheit bei Klaus entspricht. Die funktionelle Komplexität ist bei einem binären Schaltwerk N ld2, hier steigt die Komplexität linear mit der Anzahl der Elemente an, was wir jedoch ausschließen wollten.

1.2 Jede Beschreibung eines Wirkungsgefüges kann in eine binäre Kette umgeschrieben werden (Reza, 1961). Ein Maß für die Komplexität einer solchen Kette kann darin bestehen, daß man ein Maß für die Information angibt, die der Algorithmus zur Herstellung dieser binären Kette beinhaltet. Sei S die binäre Kette, C eine rekursive Funktion, die einem Computer entspricht, der mit dem Programm π diese Kette herstellt, dann ist das vorgeschlagene Komplexitätsmaß (Chaitin, 1970)

$$I_C(S) = \min_{C(\pi)=S} lg(\pi)$$

lg bedeutet hier „Länge" des Programms π. Eine mögliche Kritik an diesem Maß ist, daß die Umcodierung der Beschreibung eines Wirkungsgefüges in eine binäre Kette umständlich ist und die entstandenen Binärketten unhandliche Längen besitzen. Bei maximalem Komplexitätsgrad ist dann die Beschreibung des Algorithmus zur Herstellung der binären Kette genau so lang wie die Anzahl der bits in der binären Kette selbst.

1.3 Hat ein Gefüge N Elemente, so kann man die Struktur auch in Form von Matrizen hinschreiben. Der Anzahl der Matrizen entspricht die Anzahl der Sorten von Verbindungen (im Hirn beispielsweise zwei Arten zuführender Fasern, Axone und Dendriten). Die Matrixelemente sind

$$e_{ij}^k = \begin{cases} 0 & \text{wenn Element } i \text{ mit Element } j \text{ nicht verbunden} \\ 1 & \text{wenn Element } i \text{ mit Element } j \text{ verbunden ist,} \end{cases}$$

für jede Sorte k von Verbindungen. Das Beispiel in Bild 1 zeigt einen Graphen eines Systems mit den dazugehörenden Matrizen. Die Matrizen sind diagonal, und wenn die Verknüpfung zwischen den Elementen bidirektional ist, sind sie auch symmetrisch. Mit diesen Matrizen läßt sich eine Strukturdichte definieren:

i = 1,2,3,4
j = 1,2,3,4
k = 1,2

$$e_{ij}^1 = \begin{matrix} 1110 \\ 1101 \\ 1011 \\ 0111 \end{matrix} \qquad e_{ij}^2 = \begin{matrix} 1001 \\ 0110 \\ 0110 \\ 1101 \end{matrix}$$

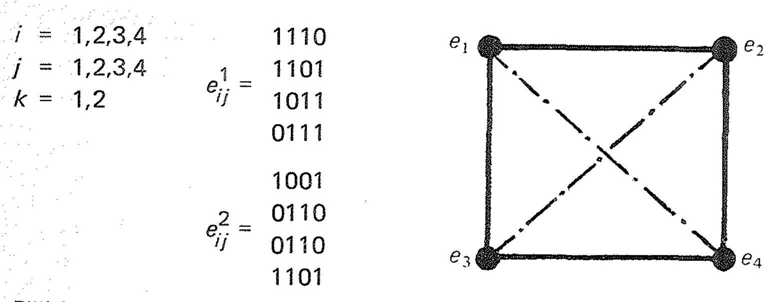


Bild 1

Die Anzahl aller möglichen Verbindungen der Sorte k ist

$$a_k = \begin{cases} \dfrac{N(N-1)}{2} & \text{wenn diese Verbindungen bidirektional sind} \\ N(N-1) & \text{wenn diese Verbindungen unidirektional sind.} \end{cases}$$

Die Gesamtanzahl ist dann die Summe über alle Verbindungssorten

$$M = \sum_k^K a_k \qquad \text{mit } K \text{ als der Anzahl der Verbindungssorten.}$$

Sei nun die Verknüpfungsdichte der k-ten Sorte

$$d_k = \frac{v_k}{a_k}$$

wenn die Anzahl der tatsächlichen Verbindungen

$$v_k = \sum_{i \neq j}^N e_{ij}^k$$

ist. Die Strukturdichte ist dann die auf 1 normierte Summe der Verknüpfungsdichten aller Sorten, also

$$S = \frac{1}{K} \sum_k^K d_k .$$

Sind alle möglichen Verbindungen realisiert, wird die Strukturdichte zu 1, sind keinerlei Verbindungen realisiert, ist sie Null. Ein rektanguläres, ebenes Netz (Bild 2) mit nur einer bidirektionalen Verbindungssorte hat demnach die Strukturdichte

$$S = \frac{3N-4}{N(N-1)} \qquad \text{für } N > 4$$

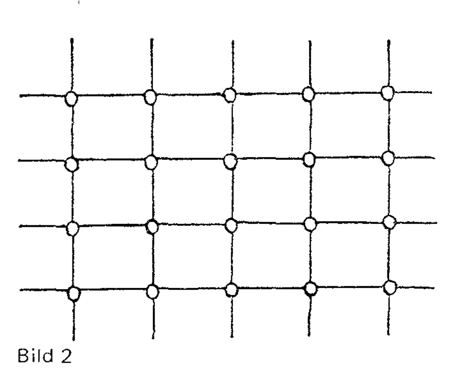
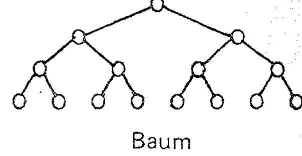


Bild 2

(Das Bildungsgesetz für dieses Netz der Verbindungen in Abhängigkeit der Elemente hängt für wenig Elemente von der Geometrie der Anordnung ab.), für eine Kette von Elementen (Bild 3) wie für einen Baum ist die Strukturdichte

$$S = \frac{2}{N}.$$

Kette



Baum

Bild 3

Aus Bild 4 geht hervor, daß die Strukturdichte mit wachsendem N abnimmt. Diese Abnahme hängt damit zusammen, daß das Gefüge bei zunehmendem N nichts mehr „Neues" bietet, die Erkennbarkeit erschöpft sich mit der Kenntnis des Bildungsgesetzes der Verschaltung. Bei sehr komplexeren Verschaltungen, bei denen das Bildungsgesetz nicht eruierbar ist, müssen die tatsächlich vorhandenen Verbindungen abgezählt oder abgeschätzt werden.

	S Bild 2	S Bild 3
$N = 5$	0,55	0,40
$N = 10$	0,27	0,20
$N = 1000$	$3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$

Bild 4

Tatsächlich vorkommende Gefüge bieten aber eine solche redundante Struktur nicht. Vielmehr lassen sich, rein strukturell, Untersysteme bilden. Wir wollen ein Untergefüge (das wir nach Definition auch System nennen können, da es im Augenblick nur um die Struktur geht) so festlegen, daß die Anzahl der Verbindungen zum benachbarten Untersystem das Minimum der Anzahl der Elemente der verbundenen Untersysteme nicht übersteigt. Die Matrizen, die die Verbindung zwischen den Subgefügen beschreiben, enthalten nicht nur Nullen (keine Verbindung) und Einsen, sondern ganze positive Zahlen, die die Stärke (Anzahl) der Verbindungen anzeigen. Damit ist eine Verbindungssorte k charakterisiert beispielsweise nach Bild 5.

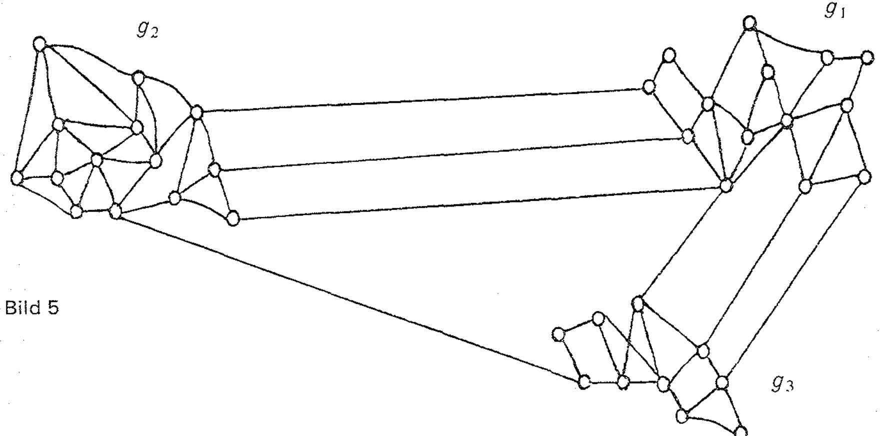


Bild 5

$$g^k_{dl} = \begin{pmatrix} 133 \\ 311 \\ 311 \end{pmatrix} \qquad \text{mit } g_{dl} \leqslant \min(n_d, n_l)$$

wenn n_d und n_l die Anzahl der Elemente im Subsystem d resp. l ist. Nehmen wir zur Vereinfachung an, daß es sich beim Folgenden immer nur um eine Verbindungssorte handeln soll. Dann ist die Anzahl aller möglichen Verbindungen zwischen den Subsystemen (E = Anzahl der Subgefüge)

$$a_s = \sum_{d \neq l}^{E} g_{dl} \qquad \text{mit } g_{dl} \overset{!}{=} \min(n_d, n_l)$$

Die Strukturdichte des Gesamtsystems ist dann

$$S_{\text{ganz}} = \frac{2\, v_{\text{total}}}{N(N-1)}$$

mit

$$v_{\text{total}} = \sum_{e}^{E} v_e + v_{dl}$$

als der Summe aller tatsächlichen Verbindungen zwischen den Systemen v_{dl} und in den Systemen v_e. Die Strukturdichte des Supergefüges ist

$$S_{\text{sup}} = \frac{v_{dl}}{a_s}$$

Für $E > 2$ und $n_e \gg E$ für alle Subgefüge e wollen wir den Ausdruck

$$C = \frac{S_{\text{sup}}}{S_{\text{ganz}}}$$

den strukturellen Komplexitätsgrad des Systems nennen.

Können von Supergefügen wieder Supergefüge gebildet werden, so wird der Komplexitätsgrad

$$C = \frac{S_{\text{sup}\,2} / S_{\text{sup}\,1}}{S_{\text{ganz}}}$$

oder allgemein

$$C = \left[S_{\text{sup}\,h} \prod_{i=1}^{h-1} (S_{\text{sup}\,i})^{-1} \right] \Big/ S_{\text{ganz}}.$$

Der Index h bedeutet den Grad der Hierarchie des jeweiligen Supergefüges. Der Komplexitätsgrad wächst an, wenn die Supergefüge geringere Strukturdichten aufweisen als die vorangegangenen. So steigt mit wachsender Hierarchie der Komplexitätsgrad. Je

kleiner die Strukturdichte des ganzen Systems (was die Bildung von Superstrukturen ermöglicht) und je größer die Strukturdichte des obersten Supergefüges (hoher Organisationsgrad) um so größer wird der Komplexitätsgrad. Er steigt mit der Anzahl der Elemente überhaupt nicht linear an. Bild 6 zeigt zum Vergleich die Komplexitätsgrade einiger bekannter Systeme.

	N	h	E_h	v_{dl}	v_{total}	C
System in Bild 5	38	1	3	7	74	$\sim$ 4,2
System, in dem vier Systeme aus Bild 5 rektangulär verschaltet sind	152	2	$E_1 = 4$ $E_2 = 4$	7 4	350	$\sim$ 28
Farbfernsehgerät Phillipps 1969	600	1	26	4	900	$\sim$ 8,1
Welttelephonnetz	$3 \cdot 10^9$	3	$E_1 = 20$ $E_2 = 100$ $E_3 = 150$	100 50 100	$3{,}57 \cdot 10^9$	$\sim 4 \cdot 10^9$
Gehirn	10^{10}	?		?	$> 10^{12}$	?

N = Gesamtzahl der Elemente
h = Anzahl der Hierarchien
E_h = Anzahl der Subsysteme unter der Hierarchie h
v_{dl} = durchschnittliche Verbindungsstärke zwischen den Subsystemen
v_{total} = Anzahl aller tatsächlichen Verbindungen
C = gerundeter Komplexitätsgrad

Bild 6

1.4 Ein berechtigter Einwand gegen den oben vorgeschlagenen Grad an Komplexität ist, daß er die Überführungsfunktion der einzelnen Elemente und damit die Überführungsfunktion des gesamten Wirkungsgefüges nicht berücksichtigt. Nun ist aber in den seltensten Fällen eine analytisch angebbare Übertragungsfunktion verfügbar. So könnte auch ein Wirkungsgefüge komplex genannt werden, wenn die Information, die aus der Beobachtung des Verhaltens des Gefüges resultiert, größer ist, als die Information, die man aus der Kenntnis von Angaben über Verschaltung, Zustände der Elemente und ihre Überführungsfunktion gewinnt. Ein Maß für diese Auffassung wäre

$$C = I_{Verhalten} - I_{Angaben}$$

Ist das Gefüge bekannt, so daß von den Angaben auf das Verhalten geschlossen werden kann, ist es nicht mehr komplex, sondern durchschaubar geworden, die Differenz geht zu Null. Abgesehen von der Schwierigkeit der Bestimmung des Informationsmaßes, welches das Verhalten liefert, ist dieser Komplexitätsbegriff eben nicht mehr unabhängig vom jeweiligen Kenntnisstand über das zu untersuchende Gefüge.

2. *Beschreibung von komplexen Systemen*

2.1 Wenn ein komplexes Wirkungsgefüge beschrieben werden soll, muß es eine Struktur haben, die eine Aufteilung in Untergefüge erlaubt und auch funktionell hierarisch geordnet ist. Es ist darauf hingewiesen worden (Simon, 1962), daß ein komplexes System, das nicht in hierarisch angeordnete Untergefüge zerlegbar ist, jenseits unserer Kapazitätsgrenze der Berechnung liegt. So ist man darauf angewiesen, Hierarchien zu erkennen und Redundanzen für die Beschreibung auszunutzen. Man sucht Subgefüge, die die gleiche Funktion haben, um sie zusammenzufassen. So sind auch Gefüge mit hohem Zentralisiertheitsgrad (Krah, 1974) leichter zu beschreiben.

2.2 Die leidige Frage ist, ob man in jedem Fall, bei dem Anfangszustand, Struktur, Eigenschaften der Elemente bekannt sind, auf den Endzustand, damit auf die Überführungsfunktion des gesamten Gefüges und damit auf das Verhalten schließen kann. Aus der Theorie der Netzwerke ist bekannt, daß es, am Ausgang nicht beobachtbare, Eigenschwingungen ausführen kann, die die Übertragungsfunktion aber nicht beeinflussen. Sicher ist, daß ein Schluß von den Zustandsparametern des Gefüges auf seine Funktion nicht mehr durchgeführt werden kann, wenn die Feststellung einiger Größen die restlichen Größen oder davon nur einige verändert (Prinzip der Störung), oder wenn einige Eigenschaften von Elementen stochastischen Charakter haben. Letzteres wird in der Theorie der stochastischen Automaten behandelt. Weiterhin ist ein Schluß unmöglich, wenn die Bestimmung der Eigenschaften der Elemente einen Gedächtnisaufwand erfordern, der über der verfügbaren Kapazität liegt.

2.3 Liegt ein Wirkungsgefüge zweiter Art vor, ist also die Struktur auch Argument der Überführungsfunktion, so kann auch umgekehrt die Überführungsfunktion Argument der Struktur sein. Dies scheint trivial zu sein. Bild 7 zeigt drei Elemente, die durch verschiedene Verbindungstypen zusammengeschaltet sind. Das Element 3 kann nur dann funktionsmäßiger Schalter sein, wenn von Element 2 über die Verbindungsart v_2 signalisiert wird, daß die Verbindung zu Element 1 nicht besteht. Hier ist die Funktion von der Struktur abhängig, wie eben auch die Struktur nicht mehr konstant zu bleiben braucht. Die Überführungsfunktion ist dann nur noch rekursiv im Zusammenhang mit der Struktur angebbar; wenn dies nicht möglich ist, sind Struktur und Funktion nur noch unvollständig beschreibbar.

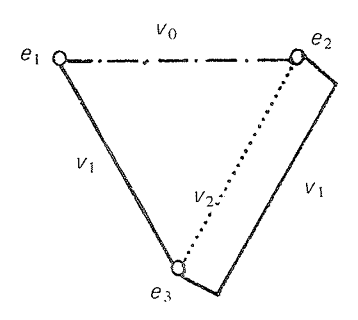


Bild 7

Ändern sich die Eigenschaften der Elemente (beispielsweise Verzögerungsglied oder logischer Schalter zu sein) pro Takt eines sequentiellen Ablaufs, so kann man sich vorstellen, daß eine Eigenschaft im Laufe der Sequenz durch ein Gefüge wandert. So kann sich ein „Cluster" von Eigenschaften von Elementen im Medium eines rektangulären Netzes bewegen (Bild 8). Dadurch entstehen bei der Beschreibung Objekte, die den Rang haben, daß sie Eigenschaften von Eigenschaften besitzen. Damit müssen diese Objekte aber in einer Sprache beschrieben werden, die nicht mehr durch einfache Prädikatenlogik, sondern durch Logiken höherer Stufe formuliert werden.

○ = Element hat die Eigenschaft, Schalter zu sein
● = Element hat die Eigenschaft, Verzögerungsglied zu sein

Bild 8

2.4 Der Unvollständigkeitssatz der Prädikatenlogik zweiter Stufe (Hermes, 1972; VI,3) bedeutet dann angewandt auf Wirkungsgefüge zweiter Art: Wenn man ein Verfahren V (ein Algorithmus) besitzt, mit Hilfe dessen man aus der Menge $\mathfrak{M}$ von Ausdrücken (Struktur der Struktur, Superstrukturen, Eingeschaften von solchen Clusters) der Logik zweiter Stufe Ausdrücke ebenfalls der zweiten Stufe (hier: Voraussagen über das Verhalten von Clusters) gewinnen kann, die aus $\mathfrak{M}$ ableitbar sind, dann gibt es immer noch eine nichtleere Menge $\mathfrak{M}'$ von solchen Ausdrücken zweiter Stufe, und einen daraus ableitbaren Ausdruck, der nicht mit dem Verfahren V gewonnen werden kann. Es gibt also kein generalisiertes Regelsystem, mit dem man alle Folgerungen aus beliebigen Ausdrucksmengen folgern könnte. Das hat zur Konsequenz, daß das Verhalten eines Wirkungsgefüges zweiter Art nicht vollständig mit einem Regelsystem aus Kenntnis von Strukturen, Eigenschaften von Eigenschaften etc. beschrieben werden kann.

3. *Wahrscheinlichkeiten*

3.1 Der daraus resultierende Mangel an Information über ein Gefüge ist ein prinzipieller. Allerdings sind auch andere Mängel an Information, obwohl gemeinhin für kontingent gehalten, prinzipieller Natur. Die Unschärfe der Bestimmung der Geschwindigkeit eines

Moleküls in einem Gas ist recht gering und die Möglichkeit, die Geschwindigkeit aller Moleküle zu messen, ist prinzipiell gegeben (es hat dies aber noch niemand getan!). Bei einigen 10^{23} Molekülen summieren sich aber bei der Mittelwertbildung die Unschärfen so auf, daß die Formel

$$\frac{1}{2}m\,\bar{v}^2 = \frac{3}{2}kT$$

nicht für die Bestimmung der Temperatur (als Makrozustand des Systems), sondern für die Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit bei gegebener Temperatur verwendet wird.

Analog wächst dazu mit der Anzahl der Elemente mit sehr kleinen Ausfallwahrscheinlichkeiten die Ausfallwahrscheinlichkeit des gesamten Systems (Computer u.ä.). Deshalb wurde der Weg eingeschlagen, sehr große Systeme redundant zu bauen.

3.2 Bei komplexen Gefügen fallen all diese Schwierigkeiten zusammen. Man kann sich nun fragen, ob ab einem bestimmten Komplexitätsgrad die Grenze der Bestimmbarkeit eines Gefüges erreicht ist. Bei Gefügen zweiter Art ist dies in dem angesprochenen Sinne unabhängig vom Komplexitätsgrad der Fall, jedoch ist sicher eine Anzahl von Elementen erforderlich, um überhaupt ein Gefüge zweiter Art zu bilden. Der Komplexitätsgrad wird relevant für die kontingenten Einschränkungen. Zum Auflisten der Struktur bei N Elementen und $h \cdot E_h$ Substrukturen braucht man höchstens

$$N^2 + \sum_h E_h^2 \quad \text{und mindestens} \quad N + \sum_h E_h$$
$$\text{für} \quad N > v_{total} \geqslant E$$

Speicherplätze. Aus diesen Größen läßt sich der kritische Komplexitätsgrad durch Einsetzen bestimmen.

3.3 Kann man ein Gefüge nicht mehr vollständig beschreiben, verwendet man Wahrscheinlichkeitsaussagen: Die Überführungsfunktion ist eine Verteilung. Der klassische Wahrscheinlichkeitsbegriff zählt aber das Verhältnis von den möglichen Fällen zu den tatsächlichen Fällen. Sind nun alle möglichen Fälle prinzipiell nicht bestimmbar, so kommt der Wahrscheinlichkeitsaussage über ein Verhalten selbst wieder nur der Rang einer unsicheren Aussage zu: Die Aussage: Mit der Wahrscheinlichkeit tritt bei $p\ q$ auf, kann für ihren Wahrheitswert selbst nur eine bestimmte Wahrscheinlichkeit beanspruchen.

Einer Wahrscheinlichkeitsverteilung ist aber nicht anzusehen, ob sie prinzipiellen oder kontingenten Ursprungs ist. So ist man versucht, diesen Unterschied zwischen prinzipieller und kontingenter Nichtbestimmbarkeit fallen zu lassen. Ob dies ein notwendiger Schritt ist, ist bis jetzt noch eine spekulative Frage.

Schrifttumsverzeichnis

G.J. Chaitin: Information-theoretic computational complexity; IEEE Transaction on information theory *20*, S. 10–15 (1974)

M. Eigen: Selforganisation of matter and the evolution of biological macromolecules; Die Naturwissenschaften *58*, S. 465–523 (1971)

H. Hermes: Einführung in die mathematische Logik; Stuttgart 1972[3]

W. Krah: Zentralisiertheitsgrad und Systemeigenschaften; GrKG *15*/2, S. 45 (1974)

G. Klaus: Wörterbuch der Kybernetik; Berlin 1967, S. 307 f.

A.A. Moles: Über konstruktionelle und instrumentelle Komplexität; GrKG *1*, Heft 2 (1960)

F.M. Reza: Introduction to Information Theory; McGraw-Hill NY. 1961

H. Sachsse: Einführung in die Kybernetik; Braunschweig 1971

H.A. Simon: The architecture of complexity; Proc. Am. Soc. Philosophy *106*, S. 467–482 (1962)

Eingegangen am 20. 9. 1974

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Phys. Klaus Kornwachs, 7802 Merzhausen, Großmattenweg 18
Dipl.-Phys. Walter von Lucadou, 7800 Freiburg, Hildastraße 64

Eine Bemerkung über abgeschlossene Wortmengen

von Alfred SCHREIBER, Neuss

aus dem Seminar für Didaktik der Mathematik der Pädagogischen Hochschule Rheinland, Abteilung Neuß

1. *Problemstellung*

Sei $\mathfrak{M}$ eine Menge von Wörtern und W ein Operator, der Wortmengen wieder Wortmengen zuordnet. Im allgemeinen entstehen bei der durch W definierten Wortmengenbildung neue, d.h. nicht schon in $\mathfrak{M}$ enthaltene Wörter, so etwa bei der Kleeneschen Sternoperation (vgl. Maurer 1969, S. 14). Daher liegt die Frage nahe, ob es Wortmengen $\mathfrak{M}$ gibt, bei denen die Anwendung von W keine neuen Wörter mehr liefert. Dazu definieren wir: $\mathfrak{M}$ heiße *abgeschlossen unter W*, falls $W(\mathfrak{M}) \subseteq \mathfrak{M}$ gilt.

Im folgenden soll gezeigt werden, daß von einem festen Alphabet ausgehend durch wiederholtes Anwenden von W sowie beliebige Vereinigungsbildung genau eine unter W abgeschlossene Wortmenge zu erzeugen ist, wenn W derjenige Operator ist, der einer Wortmenge $\mathfrak{M}$ die Menge aller Wörter über $\mathfrak{M}$ zuordnet. Diese Tatsache sowie abschließend zu skizzierende Vergleiche mit erkenntnistheoretischen Überlegungen begründen ein gewisses Interesse für den hier konzipierten Begriff der Abgeschlossenheit.

2. *Eindeutigkeitsnachweis der unter V abgeschlossenen Wortmenge*

Für eine beliebige Menge $\mathfrak{M}$ bezeichne $V(\mathfrak{M})$ die Vereinigung aller cartesischen Produkte $\mathfrak{M}^n (n < \omega)$; dabei ist ω die Menge der natürlichen Zahlen im Sinne der von Neumannschen Definition (vgl. etwa Schmidt 1966, S. 165). Ist $\mathfrak{A}$ ein Alphabet, so bildet $V(\mathfrak{A})$ die Menge aller Wörter über $\mathfrak{A}$. Zu gegebenem Alphabet definieren wir durch iterierte Anwendung von V und Limesübergänge eine Folge von Wortmengen rekursiv über dem Bereich der Ordinalzahlen:

$$V^{\alpha}(\mathfrak{A}) = \begin{cases} \mathfrak{A} & \text{, falls } \alpha = 0 \\ V^{\beta}(\mathfrak{A}) \cup V(V^{\beta}(\mathfrak{A})) & \text{, falls } \alpha = \beta + 1 \\ \bigcup\limits_{\beta<\alpha} V^{\beta}(\mathfrak{A}) & \text{, falls } \alpha \text{ Limeszahl.} \end{cases}$$

Jedes $V^{\alpha}(\mathfrak{A})$ heiße *Worthierarchie über* $\mathfrak{A}$. Es gilt $V^{\alpha}(\mathfrak{A}) \subseteq V^{\beta}(\mathfrak{A})$ für $\alpha \leqslant \beta$, was man sofort mittels transfiniter Induktion nach β verifiziert. Unter dem *Rang* rg($\mathfrak{z}$) eines Wortes $\mathfrak{z}$ (aus einer Worthierarchie über $\mathfrak{A}$) verstehen wir die kleinste Ordinalzahl

α mit $\mathfrak{z} \in V^{\alpha}(\mathfrak{A})$. Es vereinfacht die nachfolgenden Überlegungen, wenn man voraussetzt, daß $\mathfrak{A}$ kein Element aus einer Wortmenge $V(V^{\alpha}(\mathfrak{A}))$ mit $\alpha < \omega$ enthält. $\mathfrak{A}$ heiße dann *normal*. Offensichtlich stellt die Normalität des Alphabets, insbesondere im Hinblick auf die Wortmengenbildung, keinerlei Einschränkung dar.

Das eingangs angedeutete Ergebnis enthält in präzisierter Form der folgende

SATZ: *Sei $\mathfrak{A}$ ein normales Alphabet. Das System $V^{\omega}(\mathfrak{A})$ ist die einzige (unter V) abgeschlossene Worthierarchie über $\mathfrak{A}$.*

Beweis: Die Behauptung ergibt sich aus den drei folgenden Aussagen:

(1) Für jedes $n < \omega$ ist $V^n(\mathfrak{A})$ nicht abgeschlossen.

(2) $V^{\omega}(\mathfrak{A})$ ist abgeschlossen.

(3) Für jede Ordinalzahl $\alpha \geqslant \omega$ gilt $V^{\alpha}(\mathfrak{A}) = V^{\omega}(\mathfrak{A})$.

Beweis zu (1) durch vollständige Induktion: Für $n = 0$ ist (1) klar, da $V(\mathfrak{A})$ wegen der Normalität von $\mathfrak{A}$ nicht Teilmenge von $\mathfrak{A}$ sein kann. Sei nun $V^n(\mathfrak{A})$ nicht abgeschlossen für festes $n \geqslant 0$. Dann gibt es ein $\mathfrak{z} \in V(V^n(\mathfrak{A})) - V^n(\mathfrak{A})$. Zu solchem $\mathfrak{z}$ werde $\mathfrak{z}^*: 1 \to V^{n+1}(\mathfrak{A})$ definiert durch $\mathfrak{z}^*(0) = \mathfrak{z}$. Für den Nachweis der Nicht-Abgeschlossenheit von $V^{n+1}(\mathfrak{A})$ zeigen wir $\mathfrak{z}^* \in V(V^{n+1}(\mathfrak{A})) - V^{n+1}(\mathfrak{A})$. Nach Konstruktion gilt $\mathfrak{z}^* \in V(V^{n+1}(\mathfrak{A}))$. Ferner ist $\mathfrak{z}^*$ vom Rang $n+2$. Denn einerseits ist $\mathrm{rg}(\mathfrak{z}^*) \leqslant n+2$ wegen $\mathfrak{z}^* \in V^{n+2}(\mathfrak{A})$; andererseits liefert die Annahme $\mathrm{rg}(\mathfrak{z}^*) = r < n+2$ im Falle $r = 0$ einen Widerspruch zur Normalität von $\mathfrak{A}$ und im Falle $r > 0$ entweder $\mathfrak{z}^* \in V^{r-1}(\mathfrak{A})$ und damit einen Widerspruch zur Minimalität von $r = \mathrm{rg}(\mathfrak{z}^*)$ oder $\mathfrak{z}^* \in V(V^{r-1}(\mathfrak{A}))$, also $\mathfrak{z} \in V^{r-1}(\mathfrak{A})$ und wegen $V^{r-1}(\mathfrak{A}) \subseteq V^n(\mathfrak{A})$ einen Widerspruch zur Wahl von $\mathfrak{z}$. Aus $\mathrm{rg}(\mathfrak{z}^*) = n+2$ folgt $\mathfrak{z}^* \notin V^{n+1}(\mathfrak{A})$. Demnach ist auch $V^{n+1}(\mathfrak{A})$ nicht abgeschlossen.

Zu (2): Sei $\mathfrak{z} \in V(V^{\omega}(\mathfrak{A}))$ beliebig gewählt. Das Wort $\mathfrak{z}$ ist von der Form $\mathfrak{z}: n \to V^{\omega}(\mathfrak{A})$ mit $n < \omega$. Da ω Limeszahl ist, gilt $\mathfrak{z}(j) \in V^{s_j}(\mathfrak{A})$ für zu $j < n$ passend gewähltem $s_j < \omega$. Für $m := \max_{j<n} s_j$ hat man dann $\mathfrak{z}(j) \in V^m(\mathfrak{A})$ $(j < n)$, also $\mathfrak{z} \in V^{m+1}(\mathfrak{A})$ und damit $\mathfrak{z} \in V^{\omega}(\mathfrak{A})$.

Beweis zu (3) durch transfinite Induktion: Für $\alpha = \omega$ ist nichts zu zeigen. (3) gelte für β mit $\omega \leqslant \beta < \beta+1 = \alpha$. Dann folgt $V^{\alpha}(\mathfrak{A}) = V^{\beta}(\mathfrak{A}) \cup V(V^{\beta}(\mathfrak{A})) = V^{\omega}(\mathfrak{A}) \cup V(V^{\omega}(\mathfrak{A})) = V^{\omega}(\mathfrak{A})$ wegen $V(V^{\omega}(\mathfrak{A})) \subseteq V^{\omega}(\mathfrak{A})$ (vgl. (2)). Schließlich sei $\alpha \geqslant \omega$ eine Limeszahl derart, daß (3) für alle β mit $\omega \leqslant \beta < \alpha$ gilt. Auch damit ergibt sich sofort $V^{\alpha}(\mathfrak{A}) = \bigcup_{\beta<\alpha} V^{\beta}(\mathfrak{A}) = \bigcup_{\beta<\omega} V^{\beta}(\mathfrak{A}) \cup \bigcup_{\omega\leqslant\beta<\alpha} V^{\beta}(\mathfrak{A}) = V^{\omega}(\mathfrak{A})$. –

3. *Hinweise zu einer noch präzisionsbedürftigen inhaltlichen Deutung*

Wir stellen uns unter $\mathfrak{A}$ einen bestimmten Bereich von Gegenständen vor und interpretieren die Abbildungen aus $V(\mathfrak{A})$ als ‚Reflexionen' auf die Individuen aus $\mathfrak{A}$. Bei dieser Auffassung repräsentiert $V^{\omega}(\mathfrak{A})$ dann eine Art ‚Sphäre aller Reflexionen'. Bemerkenswert ist dabei neben der Abzählbarkeit dieses Systems die Tatsache, daß seine ‚Abgeschlossenheit' gegenüber erneuten ‚Reflexionen' auf der Basis des soeben bewiesenen Satzes präzisiert werden kann. Für die angedeutete Interpretation dürfte von Interesse sein, was bei O. Becker 1964 im Zusammenhang mit der Husserlschen Phänomenologie über die iterative Schachtelung von Reflexionsakten ausgeführt wird. Auch Becker meint, daß der Bezugnahme auf eine „unbegrenzte Reihe von reflexiven Akten" als ganze ein Limesübergang im Bereich der Ordinalzahlen entsprechen müsse (vgl. ebd. S. 386 f.). Allerdings gehört bei Becker zu diesem Limesübergang keine Supremumsbildung (wie hier), sondern eine unscharf beschriebene „perspektivische" Reflexion, durch deren Anwendung noch weitere Stufen vom Index $\omega+1$ usw. erzeugbar sein sollen.

Schrifttum

Becker, O.: Grundlagen der Mathematik in geschichtlicher Entwicklung, Freiburg u. München 1964

Maurer, H.: Theoretische Grundlagen der Programmiersprachen. Theorie der Syntax, BI Mannheim 1969

Schmidt, J.: Mengenlehre I, BI Mannheim 1966

Eingegangen am 12. Mai 1974

Anschrift des Verfassers:

Alfred Schreiber, Pädagogische Hochschule Rheinland, Seminar f. Did. der Mathematik, 404 Neuss, Humboldtstraße 2

Personalien

Zum Dr. paed. promovierte *Dirk Simons*, Abteilungsleiter im FEoLL-Institut für Kybernetische Pädagogik, im Fachbereich 2 der Gesamthochschule Paderborn mit der Arbeit „Zur formaldidaktischen Erzeugung von Lehrprogrammen mit einem Rechner".

Veranstaltungen

Kurzinformation über das 6. Werkstattgespräch der Arbeitsgruppe Kybernetik der GPI

Das 6. Werkstattgespräch der Arbeitsgruppe Kybernetik der GPI fand von Freitag, 10.1., bis Sonntag, 12.1.1975, unter der Leitung von E. Pietsch in Berlin statt.

In Referaten, Gruppenarbeiten und Plenumsdiskussionen wurden folgende Themen behandelt:

Methoden des Medienvergleichs
H. Walter setzte sich kritisch mit dem Aufsatz von H. Frank „Vergleichende Wertungen verschiedener Bildungsmedien und Didaktiken" (GrKG, 1974, 1) auseinander. Seine Bedenken richteten sich insbesondere gegen eine pauschale Verwendung von Meßwerten für die Errechnung der Lehrwirksamkeit, die verschiedene Autoren bei sehr verschiedenartigen Lehrstoffen und in unterschiedlichen Unterrichtssituationen ermittelt haben. H. Frank räumte in einer Entgegnung zunächst einige Mißverständnisse aus. Er legte dann dar, wie notwendig in der Praxis Vergleichsmaße für Medien seien, daß man präzise Werte anzugeben jedoch noch nicht in der Lage sei, aber in diesem Stadium die von ihm nach formalen Verfahren ermittelten Schätzwerte trotzdem besser wären als ganz und gar über den Daumen gepeilte Angaben. Dabei müsse natürlich im Bewußtsein bleiben, daß es sich um Abschätzungen handele. Im übrigen griff er einige Anregungen Walters auf und bezog sie ergänzend in seine Berechnungen ein.

Informationspsychologie und Schulunterricht
H. Riedel trug zunächst insbesondere Gedankengänge aus der von ihm und König entwickelten systemtheoretischen Didaktik vor. Bei einer sehr lebhaften Diskussion engte sich die Auseinandersetzung schließlich auf eines der vielen offenen Probleme ein, nämlich auf die Fragen: Welche Vorgänge spielen sich bei der Superierung durch Klassenbildung ab, welche Meßgrößen lassen sich in diesem Zusammenhang definieren und wie könnte eine Versuchsanordnung zur Messung aussehen? H. Ulrich entwickelte ad hoc einen Ansatz zur Messung von „Merkmalsprofilen". Er wird versuchen, diese Messung im Rahmen eines umfangreicheren Projektes durchzuführen.

Beziehungen zwischen den Formalisierungen der beiden pädagogischen Variablen P (Psychostruktur) und L (Lehrstoffe)
Es ging dabei unter der Federführung von R. Hilgers um spezielle Fragen, die sich bei der Entwicklung von Formaldidaktiken im Zusammenhang mit Rechnerprogrammen zur automatischen Erstellung von Lehrprogrammen ergaben, die aber über diesen Anlaß hinaus weiterreichende Bedeutung für den systematischen Aufbau der kybernetischen Pädagogik haben. Eine intensive Unterredung der an dem Problemkreis interessierten Teilnehmer führte bei diesen zur Anregung weiterer Arbeitsintensionen.

Das 7. Werkstattgespräch hat in Zusammenhang mit der Didacta und dem GPI-Symposion in verkürzter Form am 15. und 16.3.1975 in Nürnberg in der Akademie für berufliche Bildung stattgefunden. Die Leitung hatte Herr Prof. Lütgenau übernommen. Thema: Argumente für und gegen die Prüfungsobjektivierung aus der Sicht der kybernetisch-pädagogischen Lehrplantheorie.

Das 8. Werkstattgespräch wird vom 20. bis 22.6.1975 unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Oppelt im Institut für Regelungstechnik der Technischen Hochschule Darmstadt stattfinden. Themen: (1) Psychomotorische Lehrstoffe (Referenten: Oppelt, W.L. Bauer, W.P. Bauer u.a.), (2) Versuche zur Messung von Merkmalsprofilen bei der Superierung durch Klassenbildung (Referent: Ulrich).

Richtlinien für die Manuskriptabfassung

Es wird zur Beschleunigung der Publikation gebeten, Beiträge an die Schriftleitung in doppelter Ausfertigung einzureichen. Etwaige Tuschzeichnungen oder Photos brauchen nur einfach eingereicht zu werden.

Artikel von mehr als 12 Druckseiten Umfang können in der Regel nicht angenommen werden. Unverlangte Manuskripte können nur zurückgesandt werden, wenn Rückporto beiliegt. Es wird gebeten bei nicht in deutscher Sprache verfaßten Manuskripten eine deutsche Zusammenfassung anzufügen.

Die verwendete Literatur ist, nach Autorennamen alphabetisch (verschiedene Werke desselben Autors chronologisch) geordnet, in einem Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Beitrags zusammenzustellen. Die Vornamen der Autoren sind mindestens abgekürzt zu nennen. Bei selbständigen Veröffentlichungen sind Titel, Erscheinungsort und -jahr, womöglich auch Verlag, anzugeben. Zeitschriftenbeiträge werden vermerkt durch Name der Zeitschrift, Band, Seite (z. B. S. 317–324) und Jahr, in dieser Reihenfolge. (Titel der Arbeit kann angeführt werden.) Im selben Jahr erschienene Arbeiten desselben Autors werden durch den Zusatz „a", „b" etc. ausgezeichnet. Im Text soll grundsätzlich durch Nennung des Autorennamens und des Erscheinungsjahrs des zitierten Werkes (evtl. mit dem Zusatz „a" etc.), in der Regel aber nicht durch Anführung des ganzen Buchtitels zitiert werden. Wo es sinnvoll ist, sollte bei selbständigen Veröffentlichungen und längeren Zeitschriftenartikeln auch Seitenzahl oder Paragraph genannt werden. Anmerkungen sind zu vermeiden.